DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE ELETROTÉCNICA

UTFPR UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ CAMPUS CURITIBA

APLICAÇÕES COM DIODOS 2

AOS05- GRAMPEADOR, MULTIPLICADOR, COMPLEMENTO

Curitiba, 16 de outubro de 2024.

AGENDA

1. Revisão
2. Grampeador
3. Multiplicador
4. Diodo como proteção: vídeo interessante que mostra o efeito da fcem em bobina➔

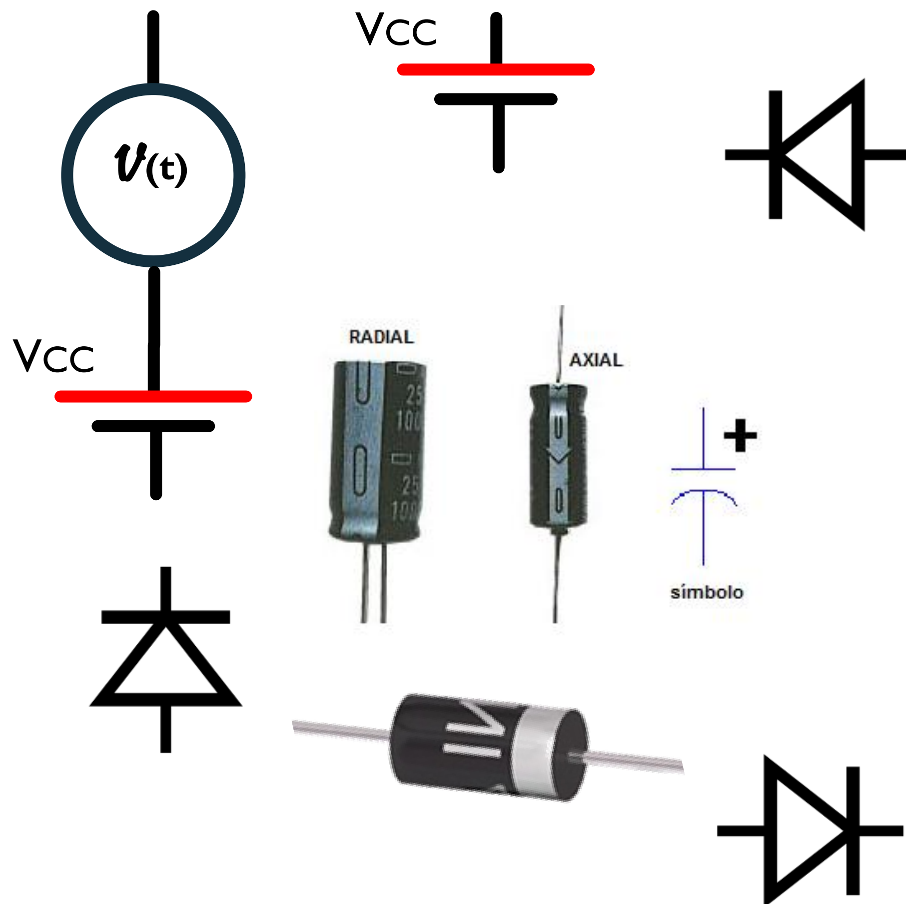
   https://moodle.utfpr.edu.br/mod/book/view.php?id=1129030&chapterid=48596

Conteúdo BLOCO MOODLE➔ Materiais de Apoio Atividade EAD
Circuitos com diodos em https://moodle.utfpr.edu.br/mod/book/view.php?id=1753523

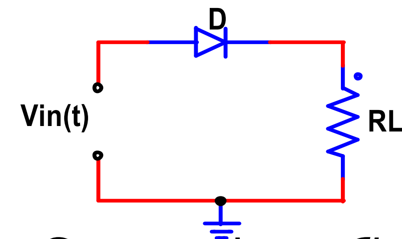
Vídeos para a aula: GV Ensino aulas 25 a 30

- ✓ https://www.youtube.com/watch?v=as6Twrvvalk&t=106s (aula 25)
- ✓ .... Até a aula 30 da GV são vídeos que abordam o assunto.
- ✓ Vídeos fundamentais e sugeridos sobre ceifador-grampeador-multiplicador
  https://moodle.utfpr.edu.br/mod/h5pactivity/view.php?id=1036798

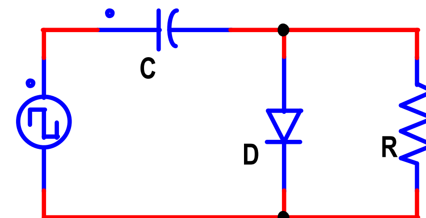
DIODO OPERANDO EM CC, CC + CA OU CA
CEIFADOR-GRAMPEADOR-MULTIPLICADOR



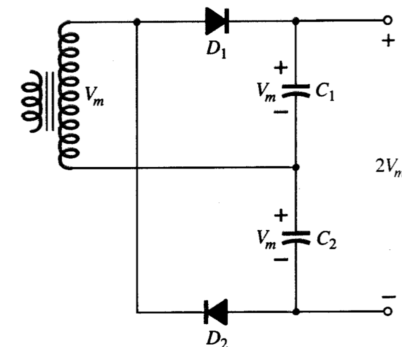
Ceifador = *Clipper*



Grampeador = *Clamper*

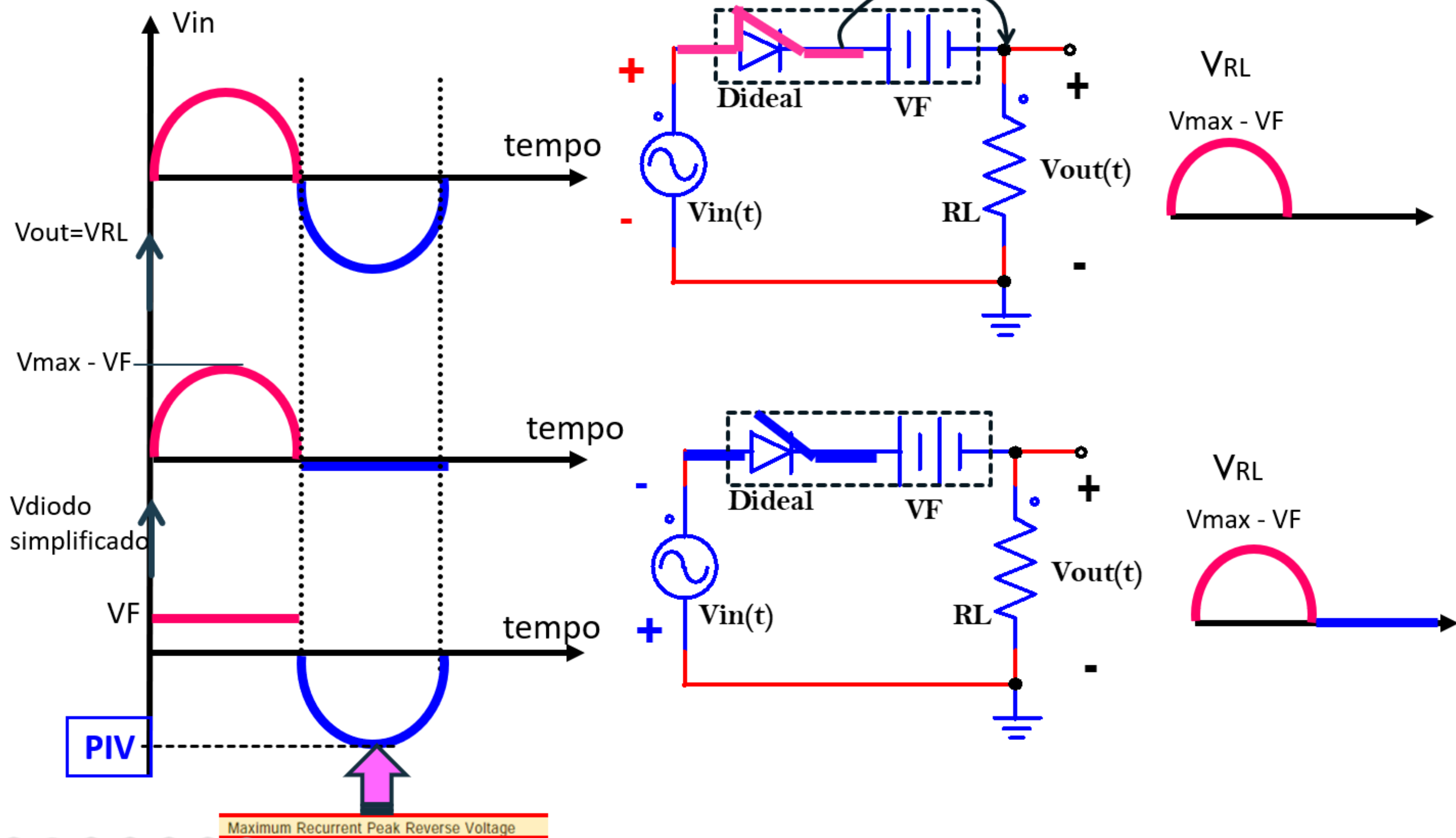


Multiplicador

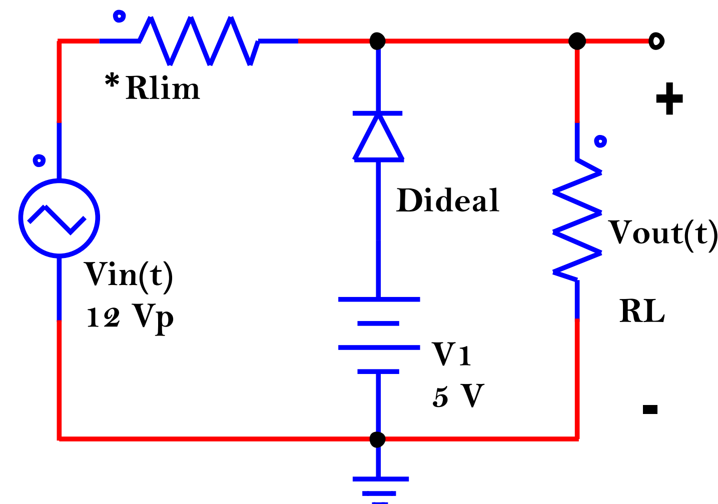


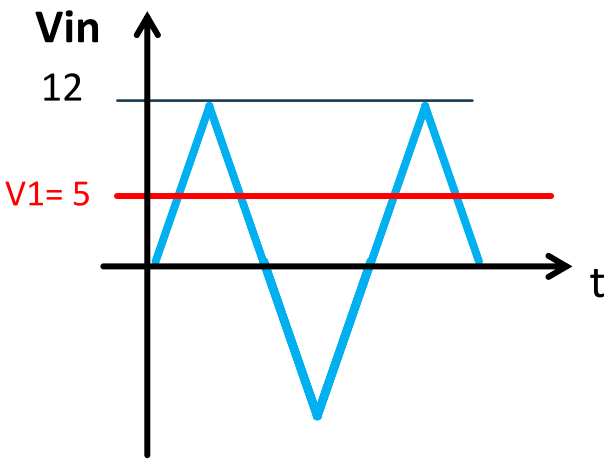
Circuito ceifador ou limitador (*Clipper*) -SÉRIE

CEIFADOR: corta parte do sinal de entrada.



Ceifador paralelo com fonte DC, conclusão

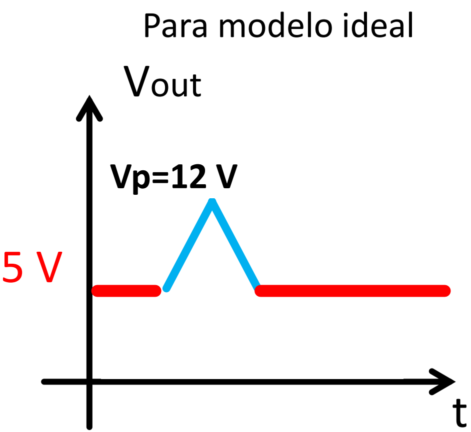




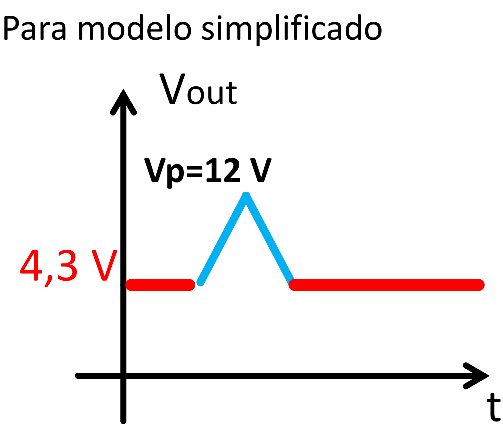
*Admite-se que o valor de Rlim seja pequeno suficiente para que Vout seja o mais próxima possível da Vin.

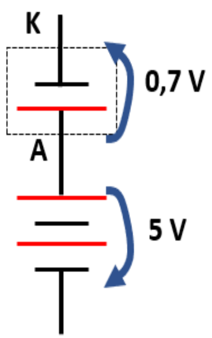
Forma final da tensão de saída - Vout

Para modelo ideal



Para modelo simplificado





Exercício: obtenha a curva de transferência Vout=f(Vin)

Curva de transferência ou característica de transferência: gráfico que apresenta o comportamento da variável de saída em função da variável de entrada: Out = f (In) que para este circuito é Vout=f(Vin).

Avalie como que a saída-Vout se comporta para uma tensão Vin variável entre 0 a 10 V.

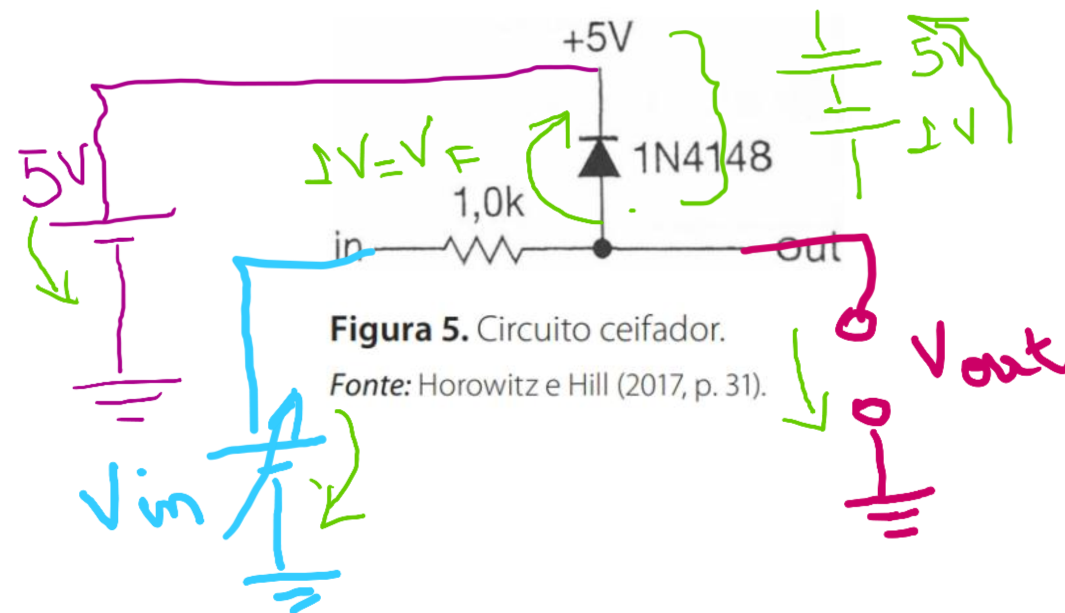
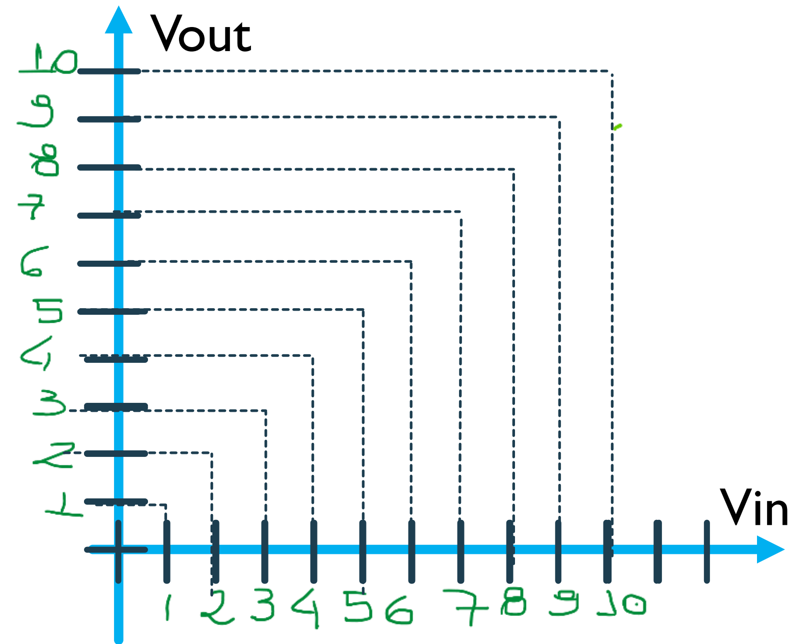


Figura 5. Circuito ceifador.

Fonte: Horowitz e Hill (2017, p. 31).



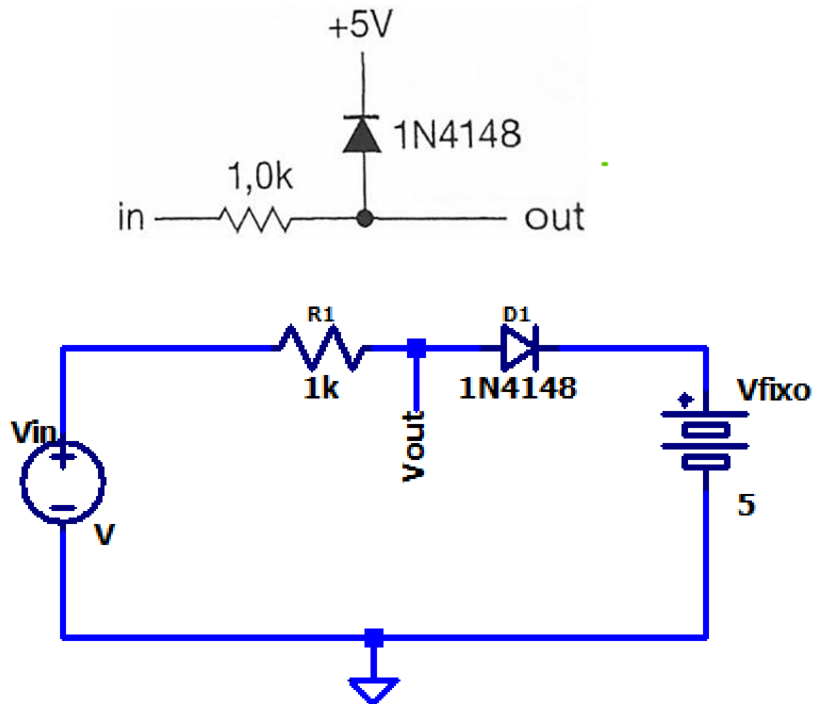
Datasheet: https://www.vishay.com/docs/81857/1n4148.pdf

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (T_{amb} = 25 °C, unless otherwise specified)						
PARAMETER	**TEST CONDITION**	**SYMBOL**	**MIN.**	**TYP.**	**MAX.**	**UNIT**
Forward voltage	I_F = 10 mA	V_F			1	V

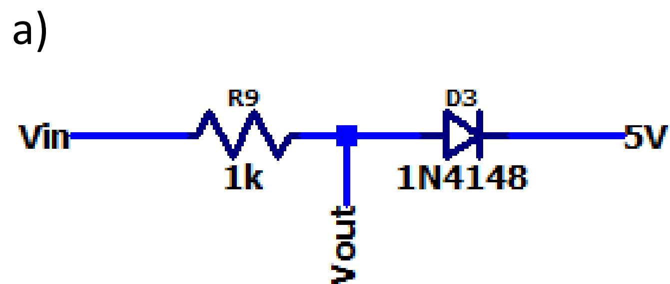
Fonte: https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788595026773/cfi/47!/6/4@0.00:26.9

Obtenha a curva de transferência Vout=f(Vin)

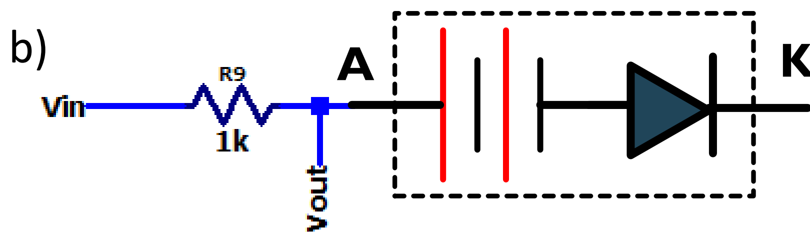
Represente graficamente como que a saída-Vout se comporta para uma tensão Vin variável entre 0 a 10 V.



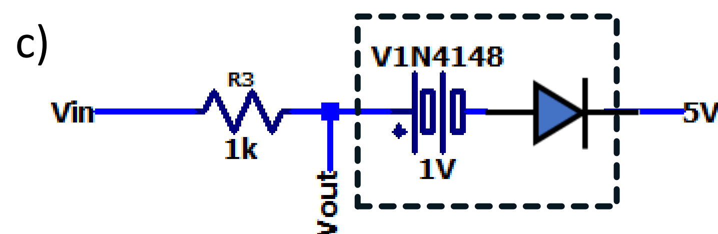
a)



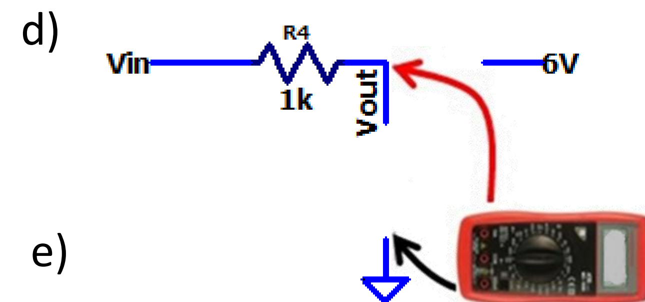
b)



c)

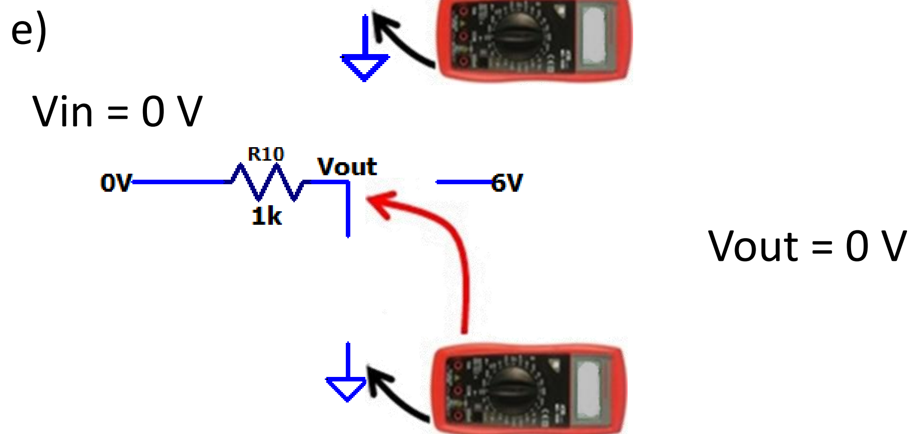


d)



e)

Vin = 0 V

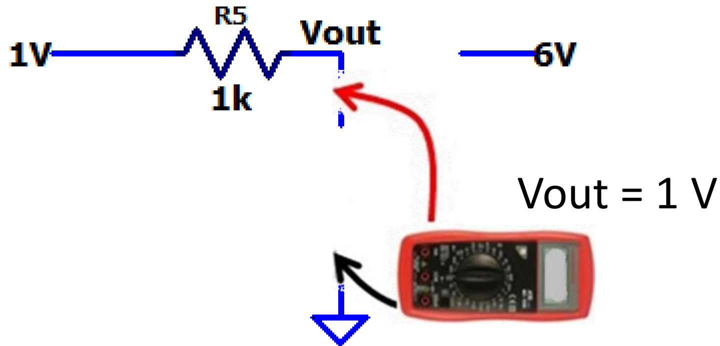


Vout = 0 V

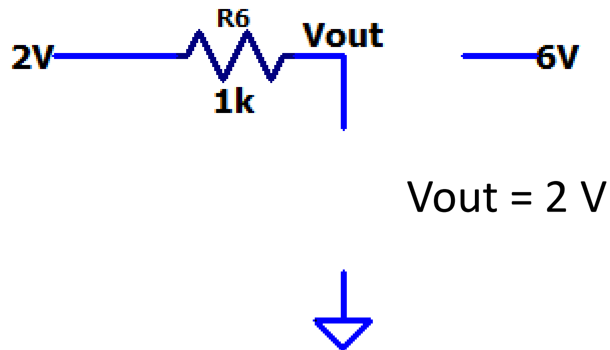
Continuação

Avalie como que a saída-Vout se comporta para uma tensão Vin variável entre 0 a 10 V.

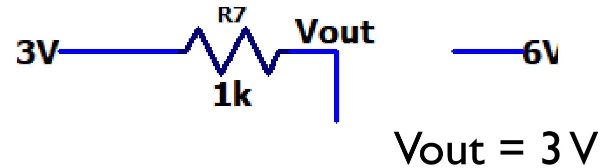
f) Vin = 1 V



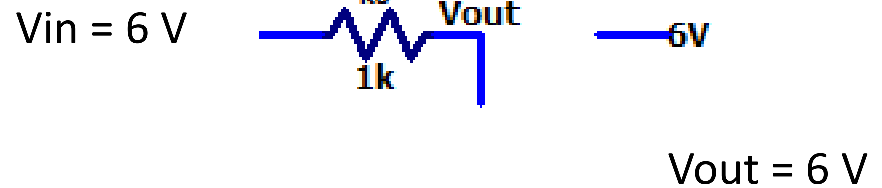
g) Vin = 2 V



h)

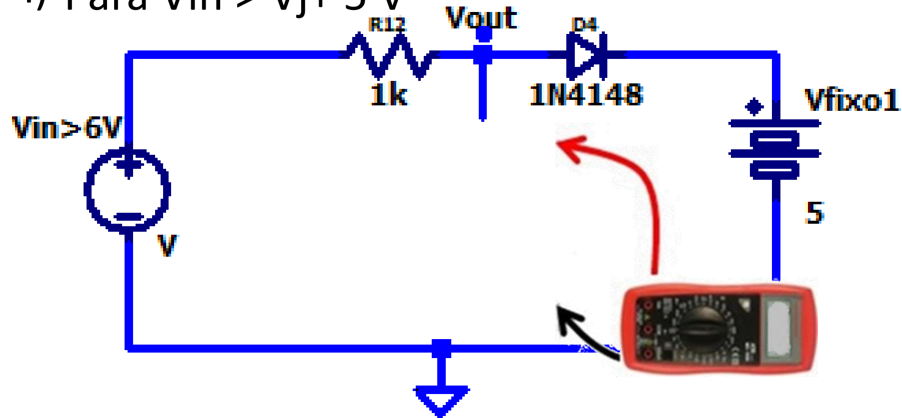


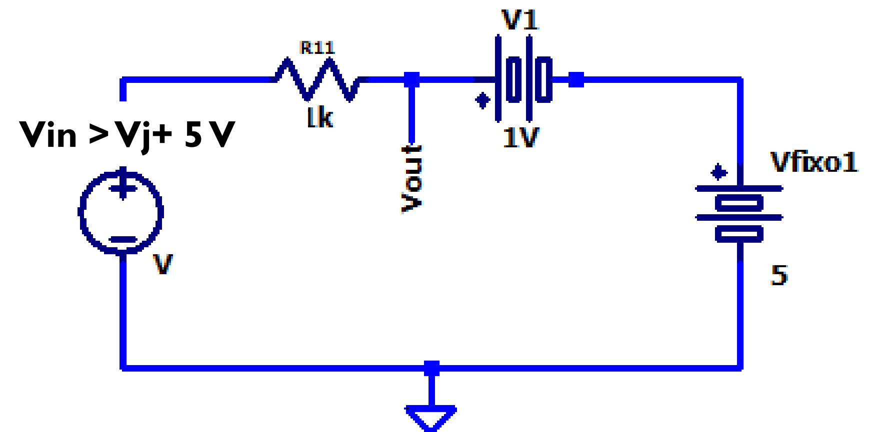
i)

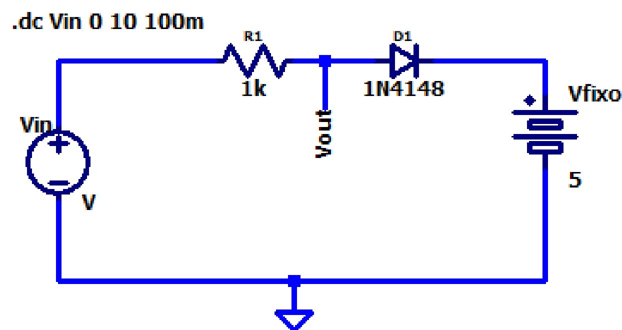


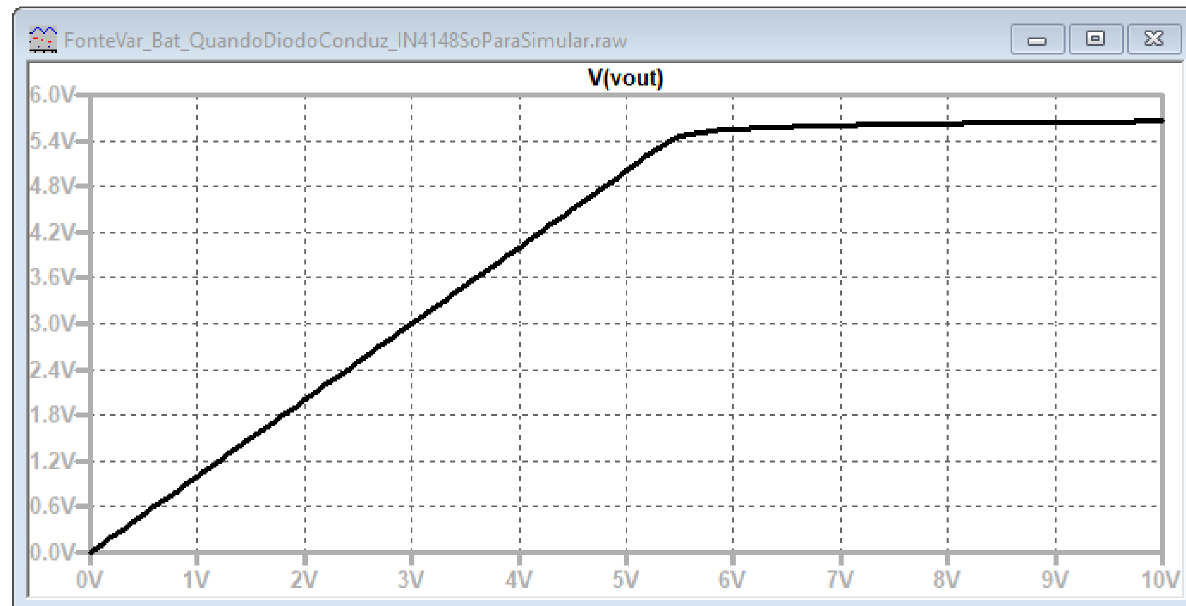
Continuação

i) Para Vin > Vj+ 5 V



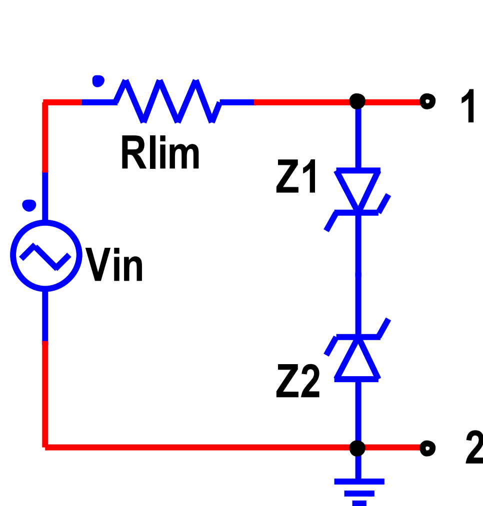


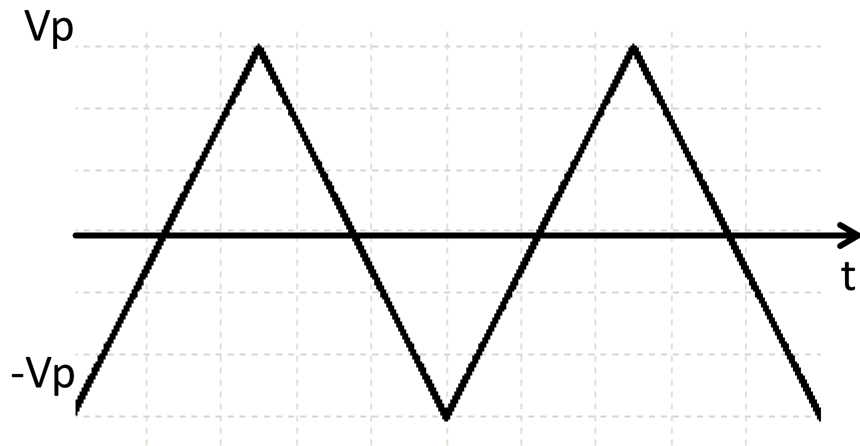


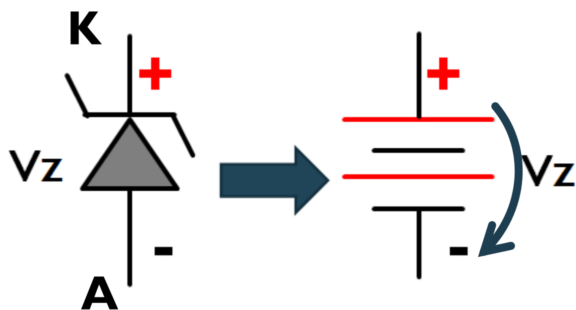


Circuito limitador com o zener

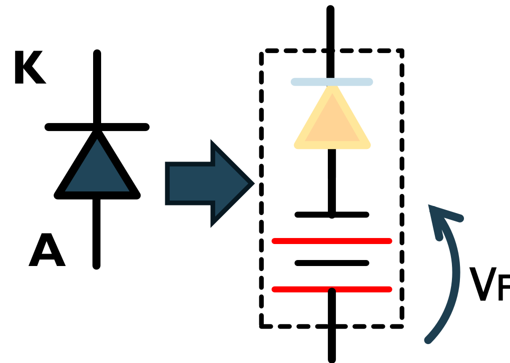
Obtenha a característica de transferência para o circuito a seguir.
$V_{z1}/P1$, $V_{Fz1} = V_{j1}$, $V_{z2}/P2$, $V_{Fz2} = V_{j2}$, $V_{z1} < |V_p|$ e $V_{z2} < |V_p|$







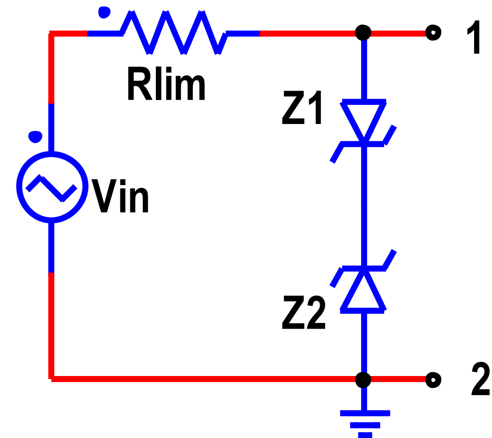
Modelo Zener

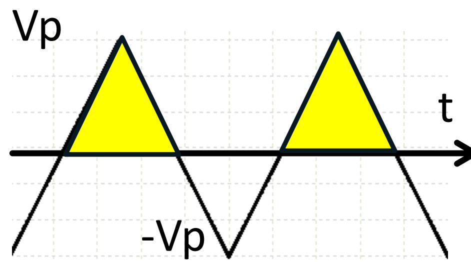


Modelo 2ª aproximação

Circuito limitador com o zener: semiciclo positivo

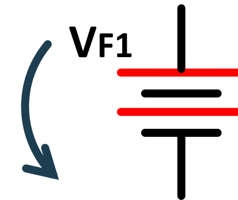
$V_{z1}/P1$, $V_{Fz1} = V_{j1}$, $V_{z2}/P2$, $V_{Fz2} = V_{j2}$, $V_{z1} < |V_p|$ e $V_{z2} < |V_p|$

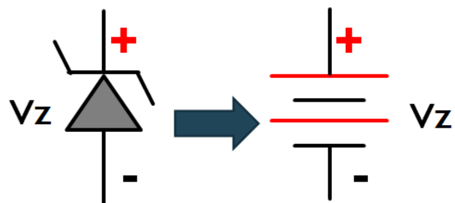


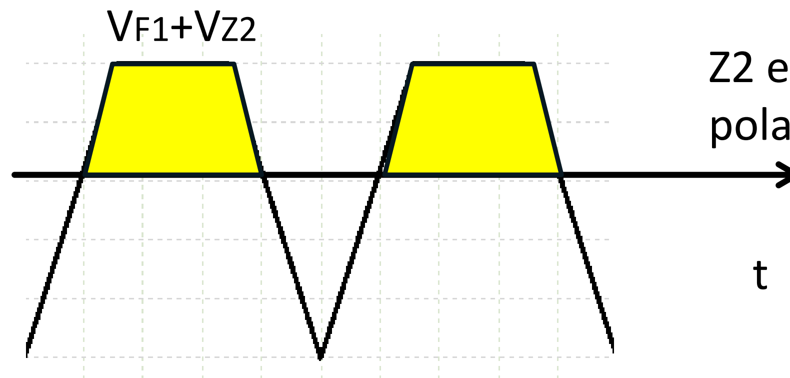


Análise semiciclo positivo:

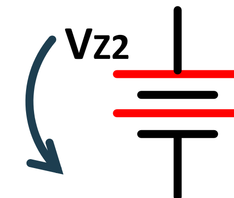
Z1 está diretamente polarizado: semelhante ao diodo => VF1

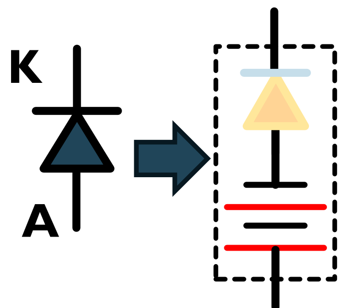






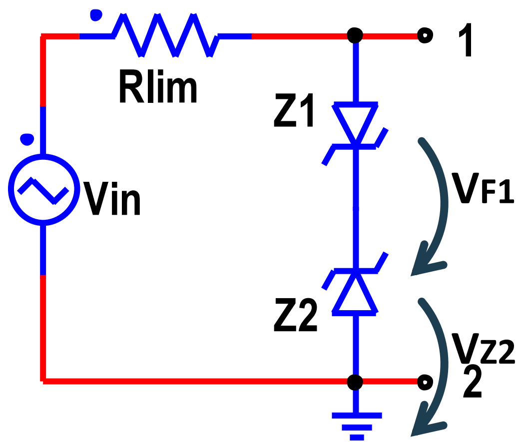
Z2 está reversamente polarizado: fonte de Vz2 volts

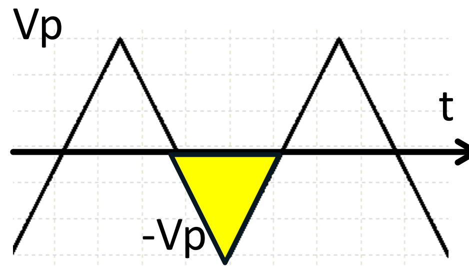




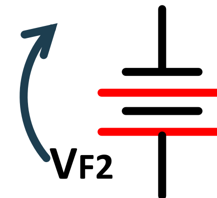
Circuito limitador com o zener: semiciclo negativo

V_{z1}/P_1, V_{Fz1}, V_{z2}/P_2 , V_{Fz2} ,$V_{z1} < |V_p|$ e $V_{z2} < |V_p|$

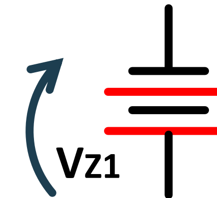


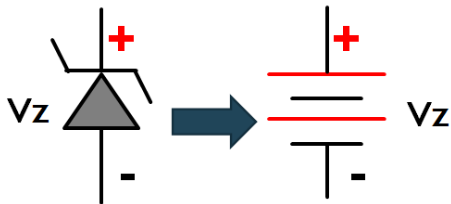


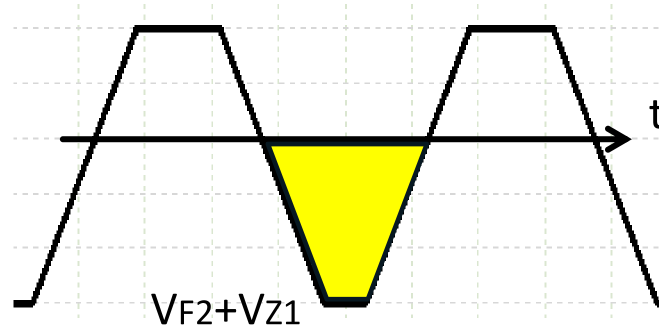
Análise semiciclo negativo:
Z2 está diretamente polarizado: semelhante ao diodo => VF2

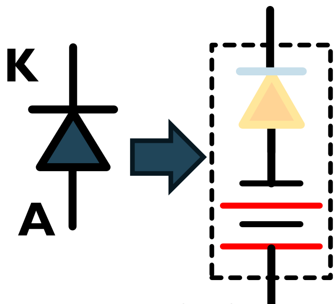


Z1 está reversamente polarizado: fonte de Vz1 volts



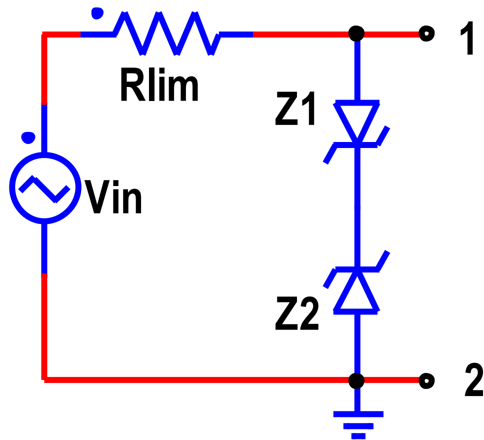


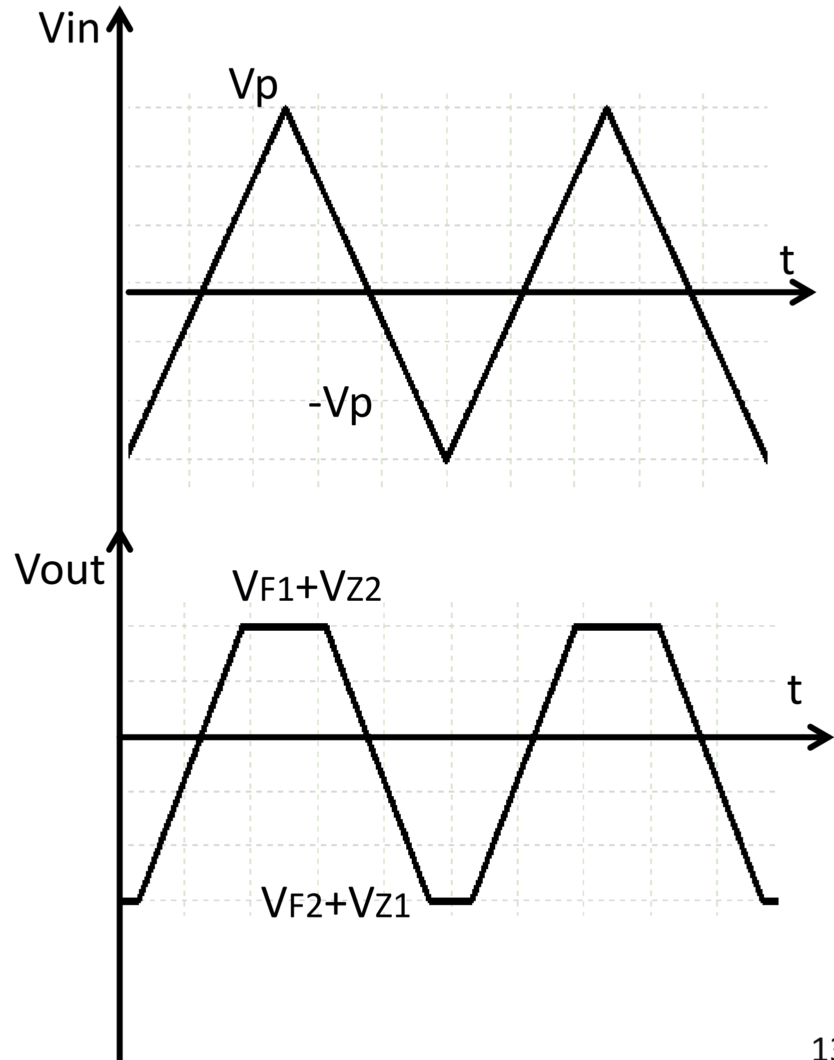




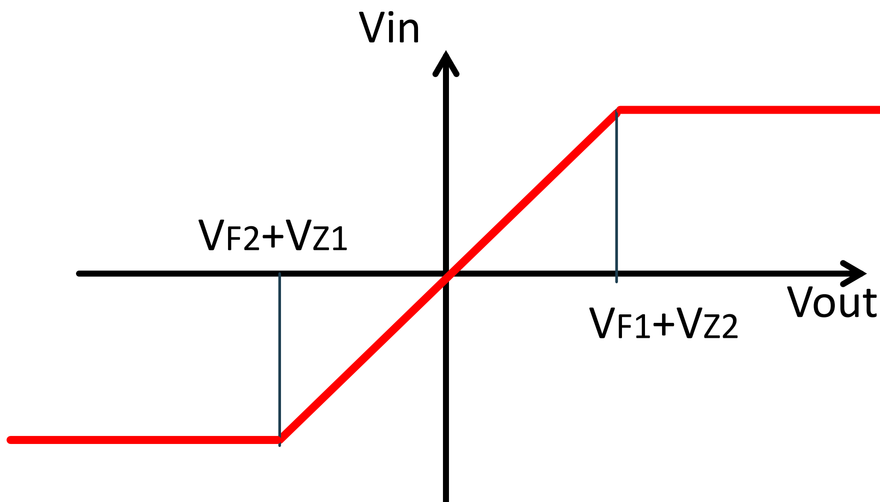
Circuito limitador com o zener

Obtenha a característica de transferência para o circuito a seguir.
$V_{z1}/P1$, V_{Fz1}, $V_{z2}/P2$, V_{Fz2}, $V_{z1}<|V_p|$ e $V_{z2} < |V_p|$



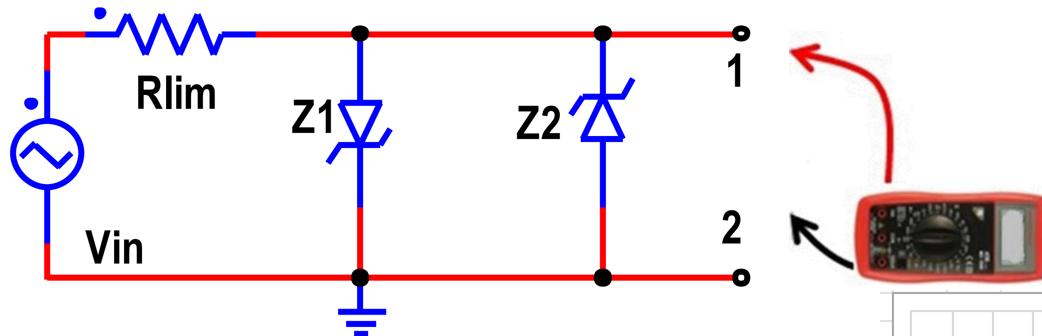


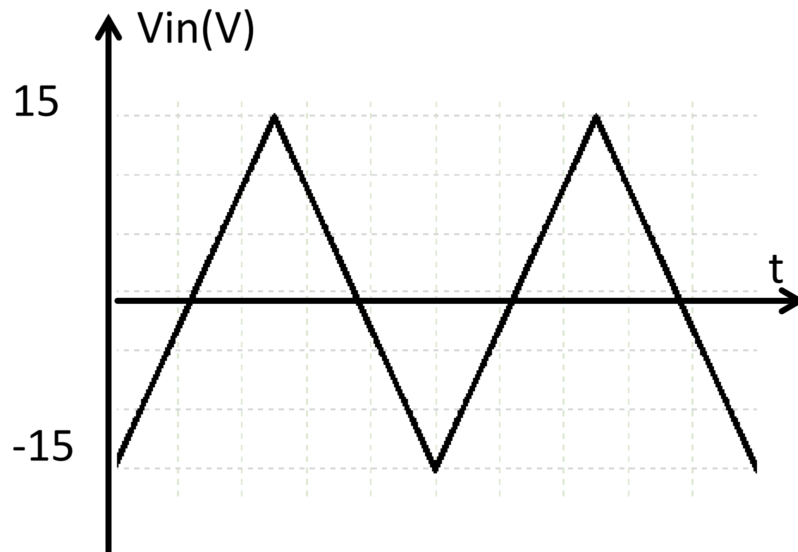
Característica de transferência: Vout =f(Vin)

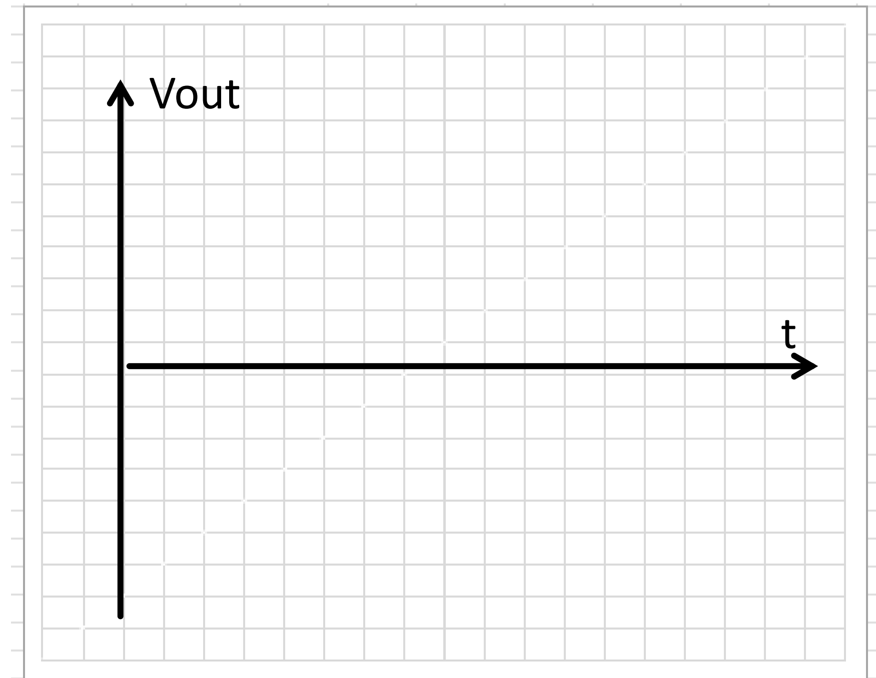


Circuito limitador com o zener

Obtenha a característica de transferência e a forma de onda da saída para o circuito a seguir.
V_{Z1}= 5,1 V, V_{Fz1}= 0,7 V, V_{Z2} = 6,8 V, V_{Fz2}= 0,7 V.

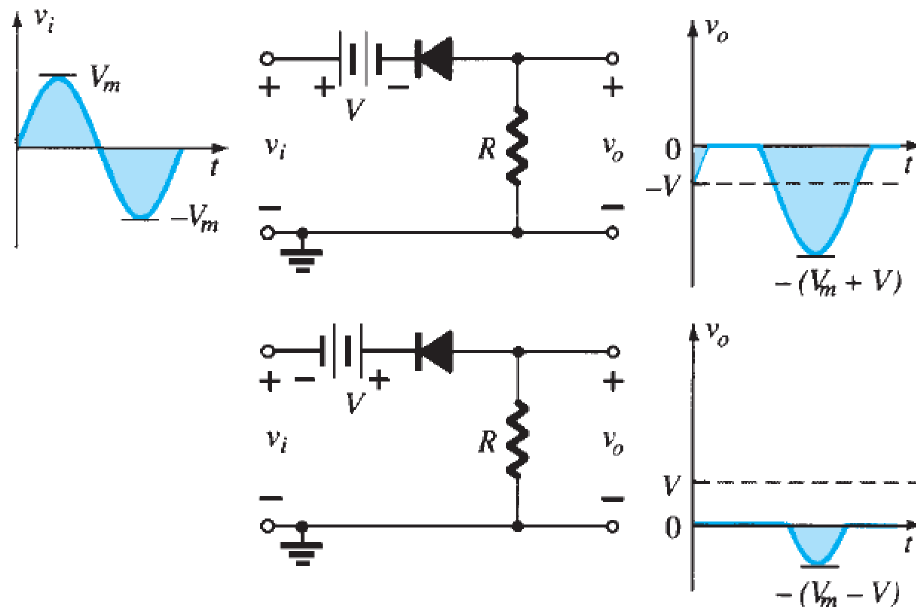


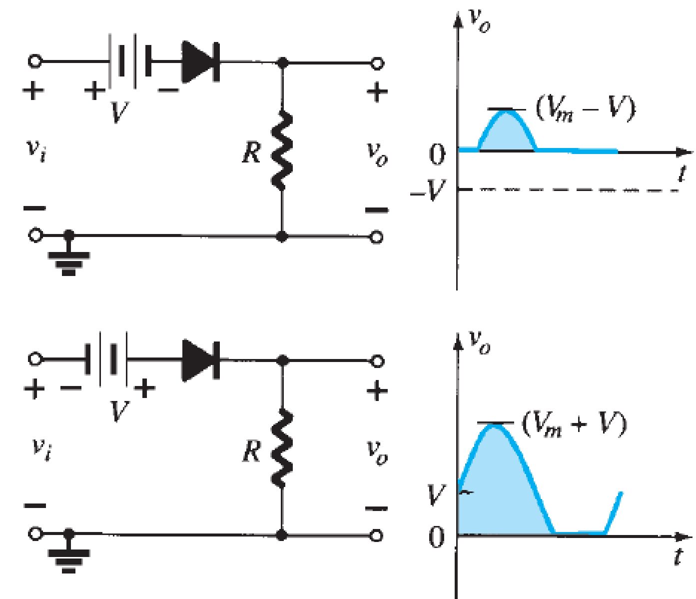




Resumo comportamento ceifadores:

Ceifador série polarizado (diodos ideais)



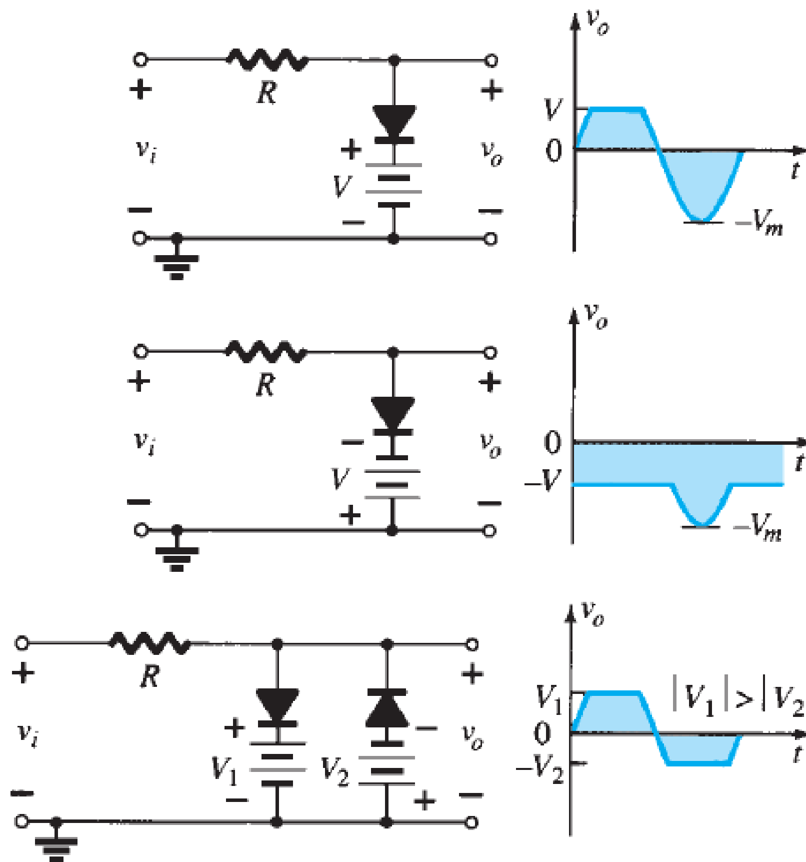


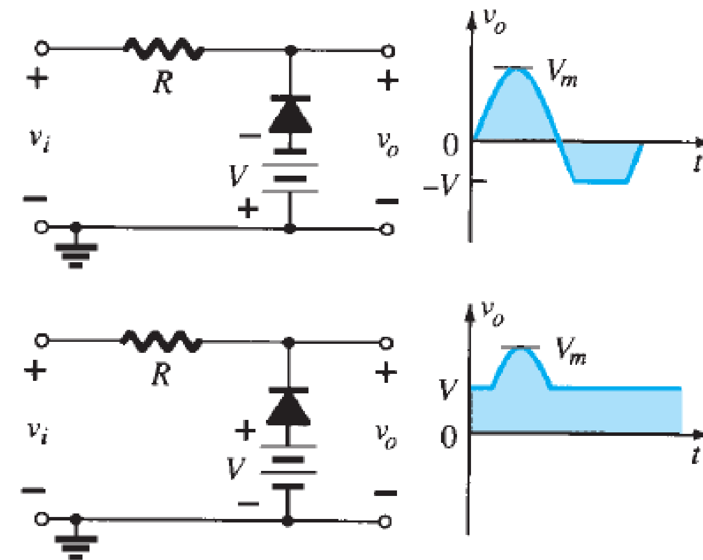
Créditos: Electronic Devices and Circuit Theory, 11ª ed, p. 84

Robert L. Boylestad, Louis Nashelsky

Resumo comportamento ceifadores:

Ceifador paralelo polarizado (diodos ideais)



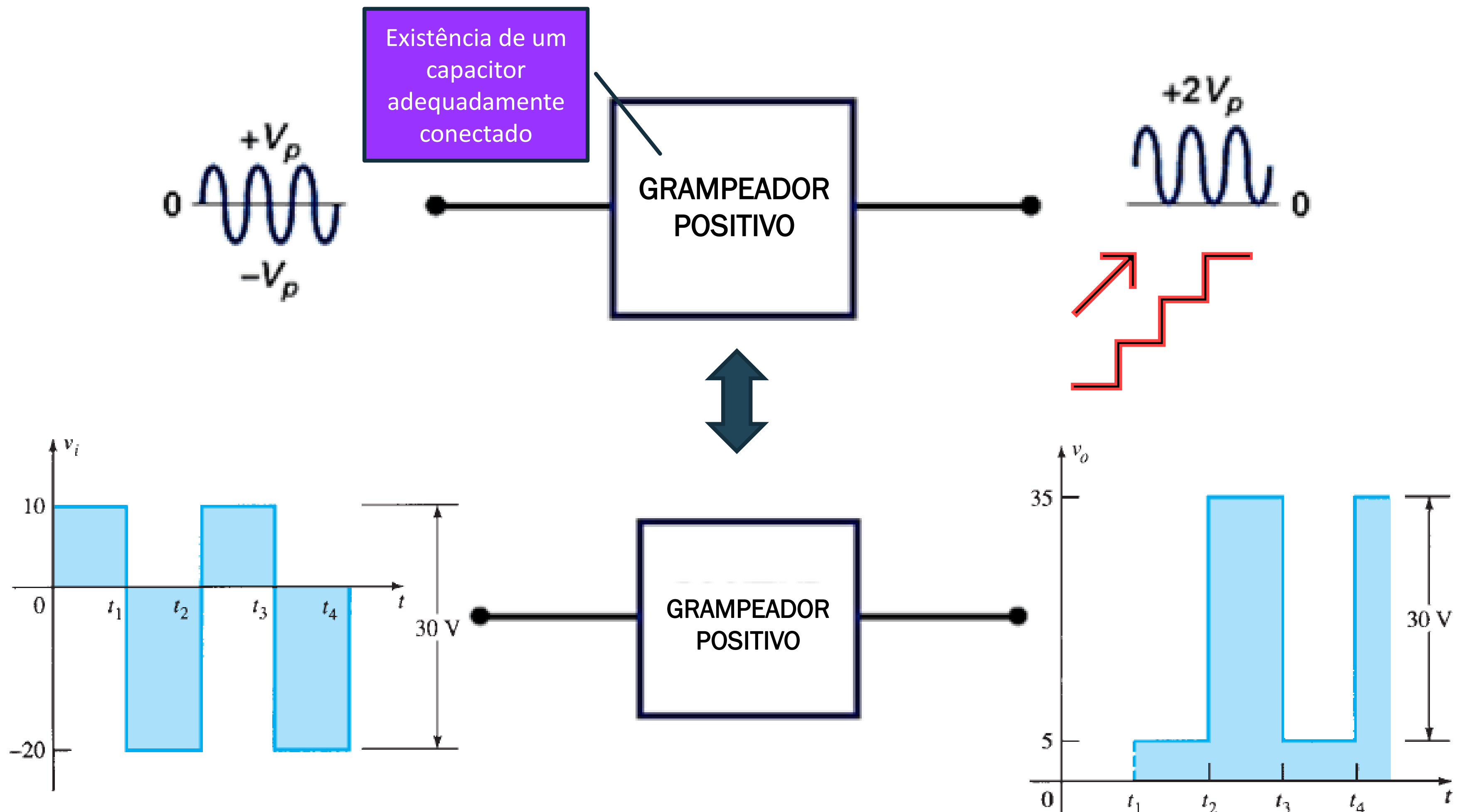


Créditos: Electronic Devices and Circuit Theory, 11ª ed, p. 84

Robert L. Boylestad, Louis Nashelsky

Grampeador (*Clamper*)

GRAMPEADOR: fixa o sinal de entrada a uma tensão de referência. São utilizados em Circuitos Integrados que operam somente com sinais positivos ou sinais negativos.

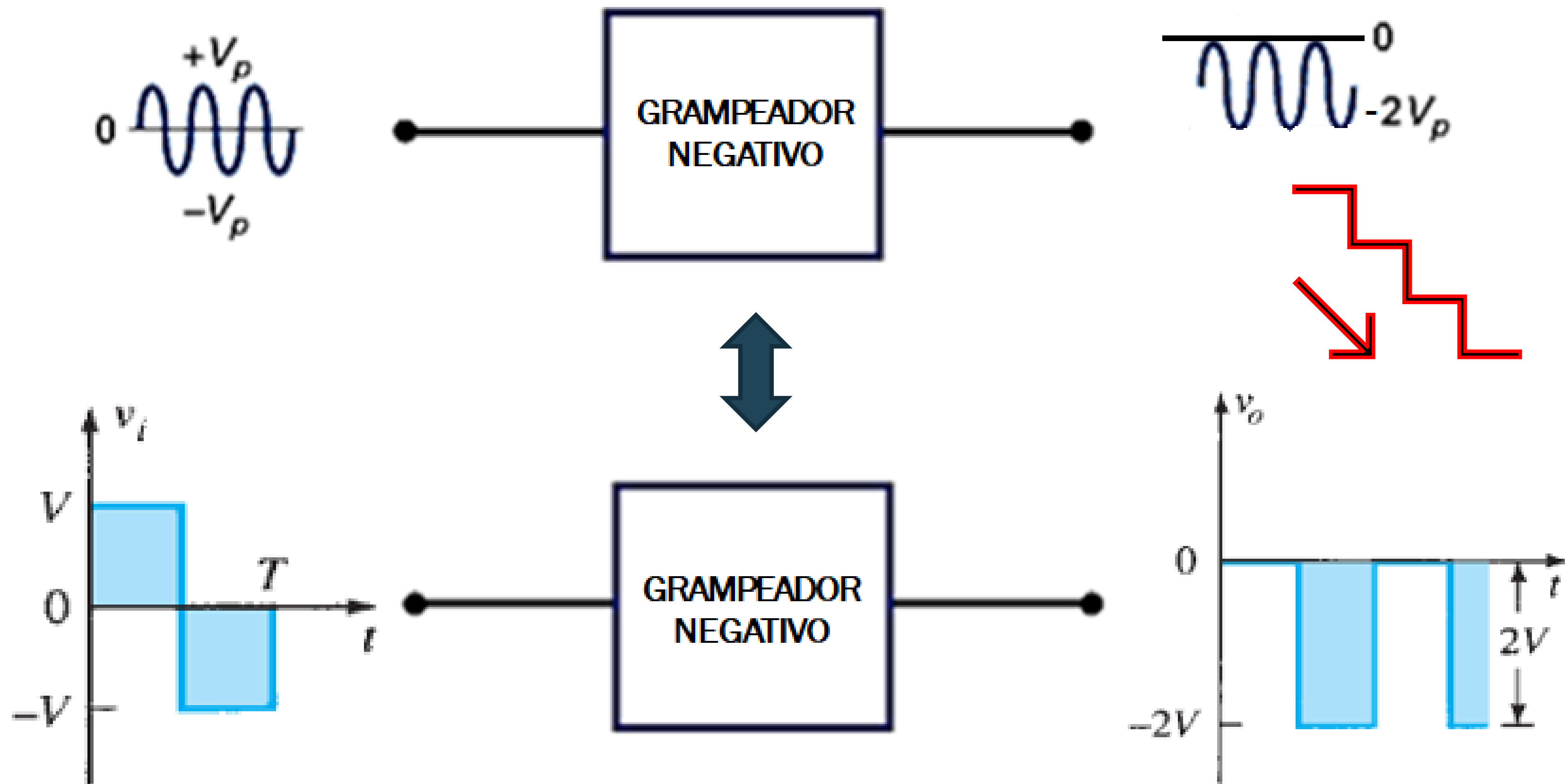


 Créditos figura e conteúdo sobre grampeador: Malvino Online seção 4.11, p.123

Grampeador (*Clamper*): negativo

Os grampeadores utilizam capacitores e diodos de modo que na polarização reversa o capacitor se carrega e na polarização direta o capacitor se descarrega.

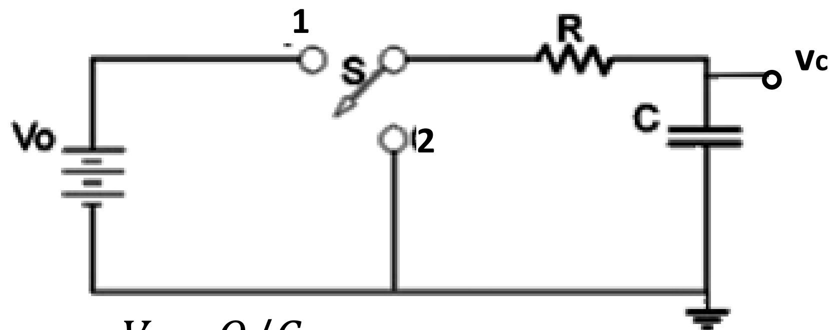
Para este efeito ser plenamente obtido, a capacitância deve ser elevada.



 Créditos figura no Malvino Online seção 4.11, p.123 Consulte o Repositório da disciplina

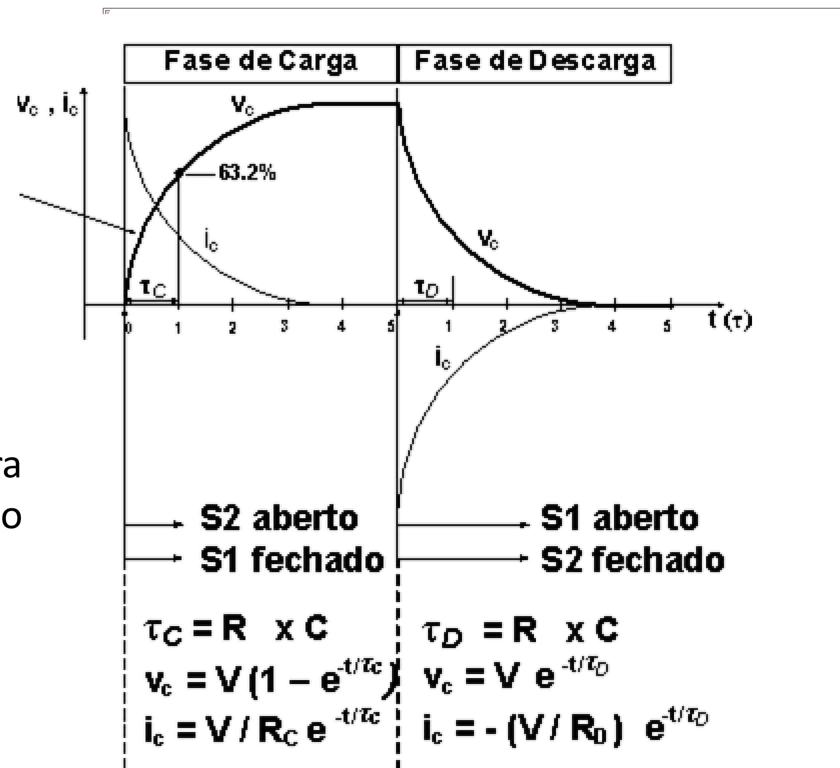
Revisão de carga e descarga do capacitor

De modo genérico, o circuito grampeador adiciona uma componente contínua e constante ao sinal de entrada, ou seja, "grampeia" (fixa) o sinal de entrada a uma tensão de referência.
Nesse tipo de circuito há a presença do capacitor como o componente responsável pela adição da tensão na carga. Tal efeito ocorre pela carga do capacitor.



$V = Q/C$

$\tau = RC$



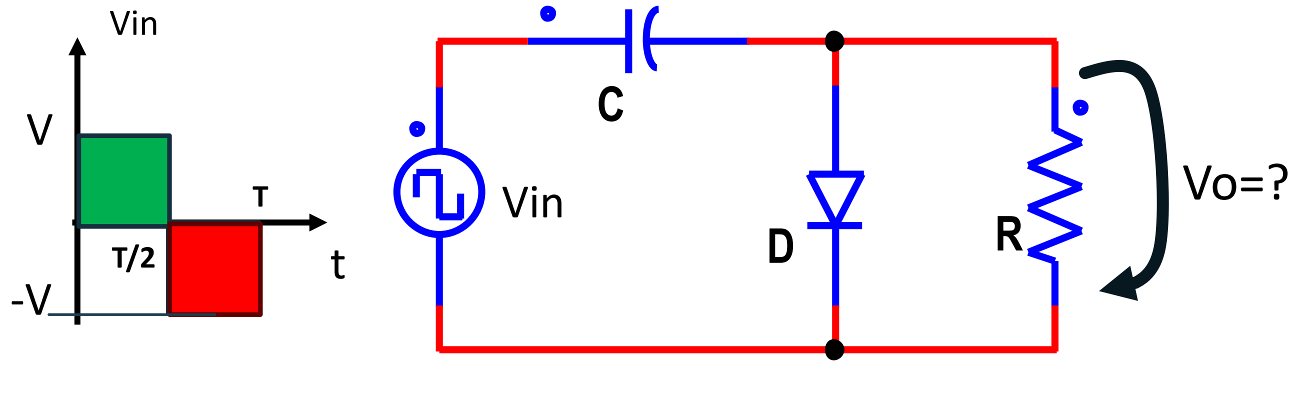
O valor de R e C devem ser escolhidos de forma que a constante de tempo τ = RC seja grande o suficiente para assegurar que o capacitor não se descarregue durante o intervalo em que o diodo não está conduzindo.
Tempo de carga (5 τ) e descarga (5 τ) >>10τ, ou seja,
T >> 10τ.

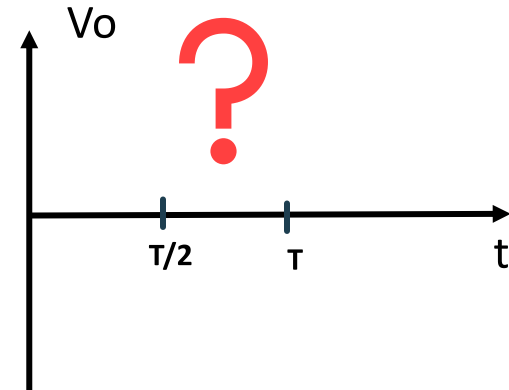
Malvino online sugere $\tau 100 = RC$

Grampeador: exemplo literal

WebPage da disciplina
GrampeadorSim3

Esboçar a forma de onda da saída Vo.





Admitir que o valor do capacitor "C" está calculado para o correto funcionamento do circuito.

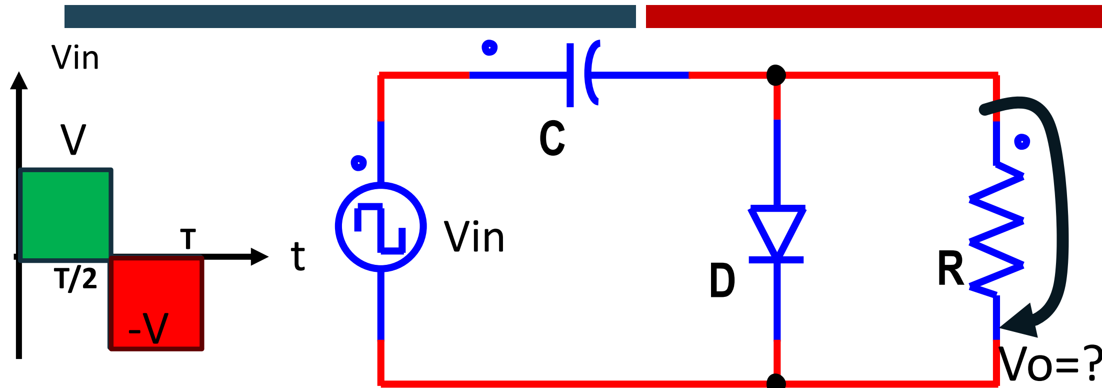
$T >> 10\tau$

$1/f = T >> 10\tau$

T = intervalo de um ciclo
τ = constante de tempo do circuito= R.C

Grampeador-Semiciclo **positivo**

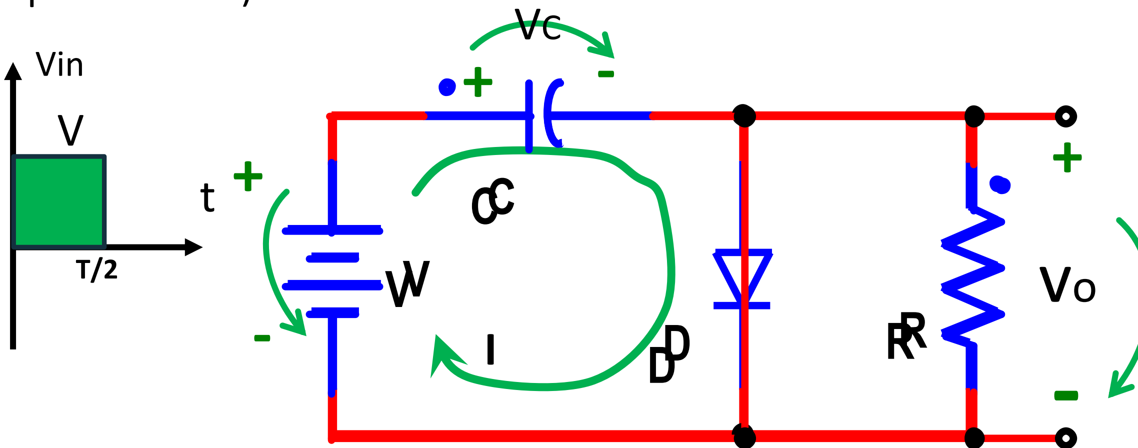
WebPage da disciplina
GrampeadorSim3

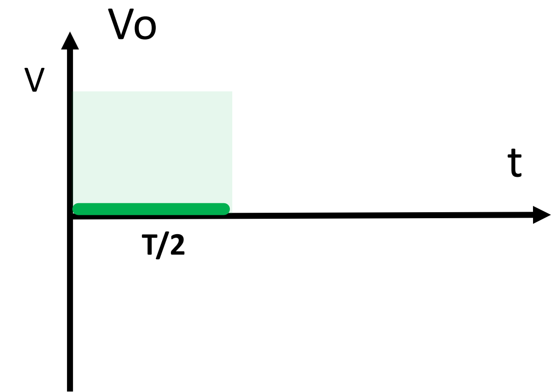


2) Análise da tensão Vo, no intervalo de 0 a T/2 (regime permanente)

Como o diodo está em curto, a tensão de saída (vo) nesse intervalo é zero volt.

1) Análise da tensão no capacitor no intervalo de 0 a T/2 (regime permanente)



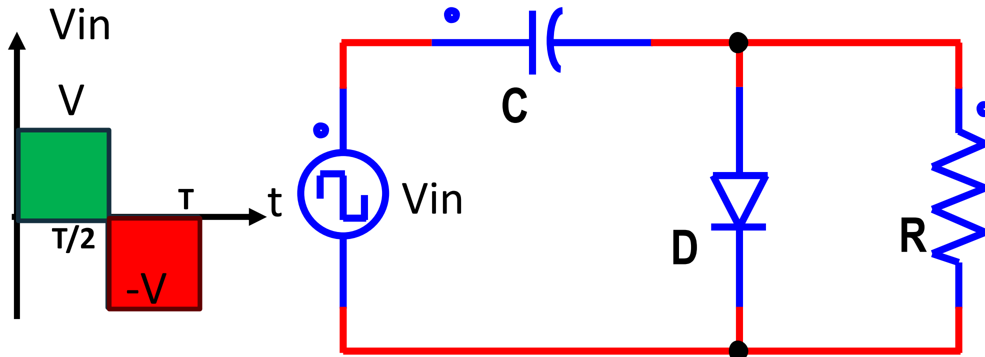


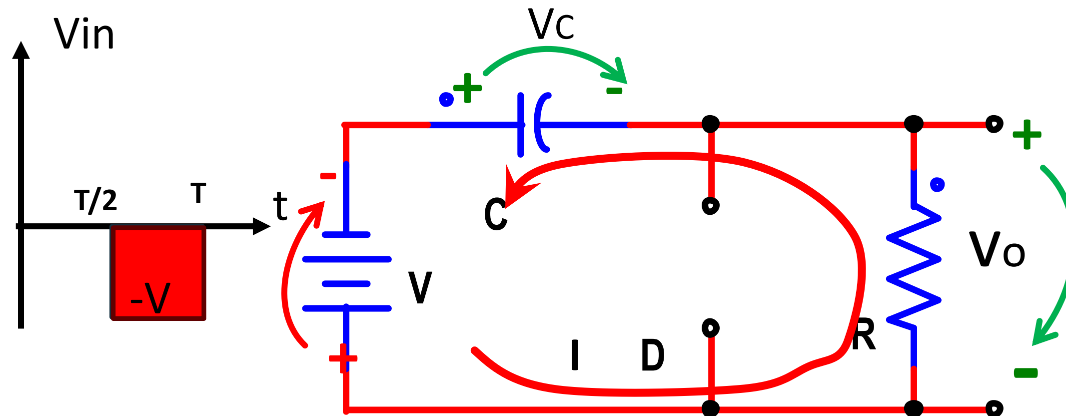
1.1-O capacitor carrega-se rapidamente com a mesma polaridade da fonte (V volts), pois R está curto-circuitada uma vez que o diodo entra em polarização direta.

LKT ➔ $+V - V_C = 0$

$V_C = V$

Grampeador-Semiciclo **negativo**





3) Análise da tensão no capacitor no intervalo de T/2 a T (regime permanente)

A tensão no capacitor se manterá a mesma!

O capacitor se carregou com Vc!

4) Tensão Vo no intervalo de T/2 a T

LKT ➔ -V - Vc - **Vo** = 0

mas Vc = V devido à carga entre 0 e T/2

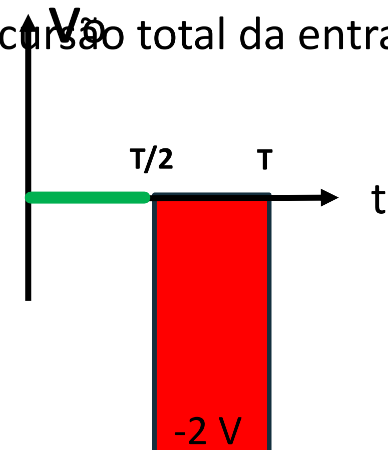
-V -V - **Vo** = 0

Vo = -2 V

5)Forma de onda final – consideração:

O sinal de saída ficou grampeado em 0 V, para o intervalo de 0 a T/2.

No restante do intervalo, manteve a mesma excursão total da entrada que são 2 V.



Roteiro para análise do grampeador

1-Inicie a análise de circuitos grampeadores, considerando a parte do sinal de entrada que polariza o diodo diretamente.

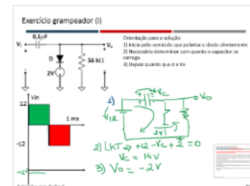
2-Durante o período que o diodo está no estado "ligado", assumir que o capacitor se carrega instantaneamente a um nível de tensão determinado pelo circuito.

3-Assumir que, durante o estado "desligado", o capacitor mantém o nível de tensão previamente estabelecido.

4-Durante toda a análise, focar na polaridade dos elementos envolvidos, a fim de assegurar a corretude da análise e os níveis apropriados para a tensão de saída (vo) foram obtidos.

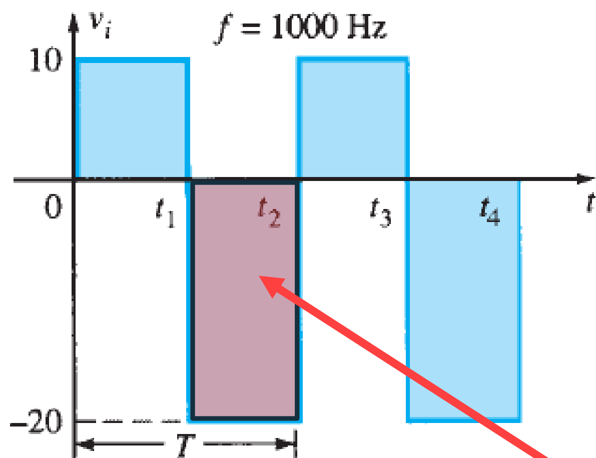
5-Regra geral de que a excursão total da saída deve estar de acordo com a excursão do sinal de entrada.

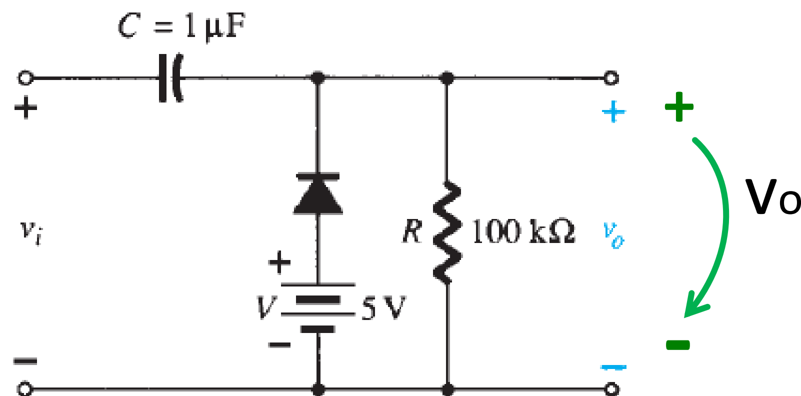
Admite-se que o período de descarga é 5τ. Esse valor deve ser superior ao período de análise.



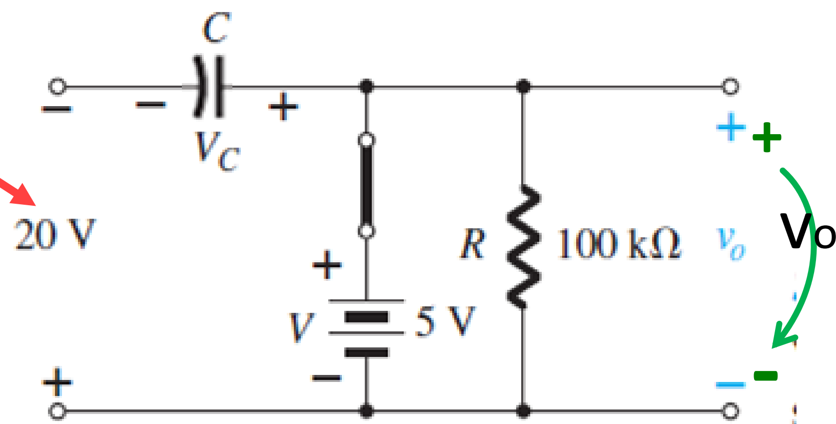
Grampeador com fonte DC: análise diodo conduz entre t1-t2

Boylestad, exemplo 2.24: Esboce o sinal de saída ‘vo’.





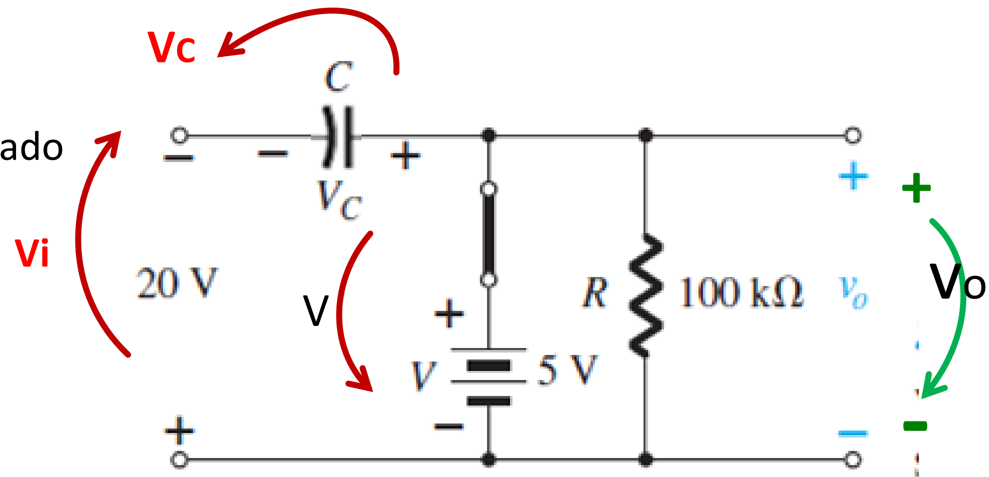
1-Inicie a análise de circuitos grampeadores, considerando a parte do sinal de entrada que **polariza o diodo diretamente**: **t1-t2**



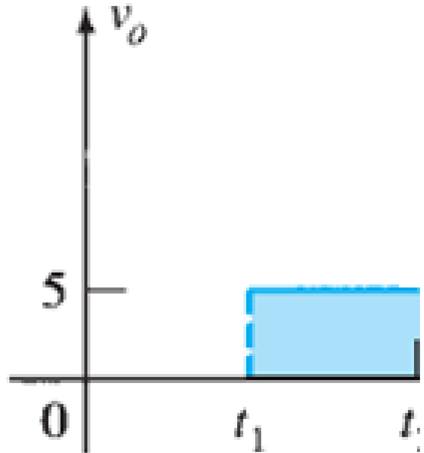
Neste caso, é o semiciclo negativo cujo valor de pico é -20 V.

Grampeador com fonte DC: análise diodo conduz entre t1-t2

2-Durante o período que o diodo está no estado "ligado", assumir que o capacitor se carrega instantaneamente a um nível de tensão determinado pelo circuito.



Valor da tensão Vo = ?

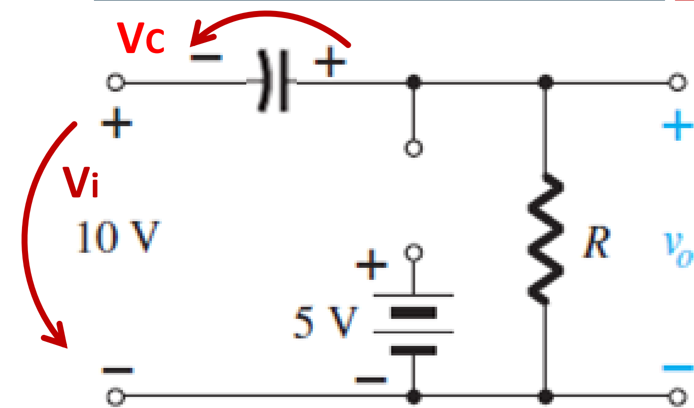


Conforme LKT➔ - vi + Vc – V = 0

Vc = + vi + V = 20 + 5 = 25 V

3-Assumir que, durante o estado "desligado", o capacitor mantém o nível de tensão previamente estabelecido, ou seja, a constante de tempo deve ser capaz de manter o capacitor carregado pelo intervalo que o diodo não conduz.

Grampeador com fonte DC: análise diodo **NÃO** conduz entre t2-t3



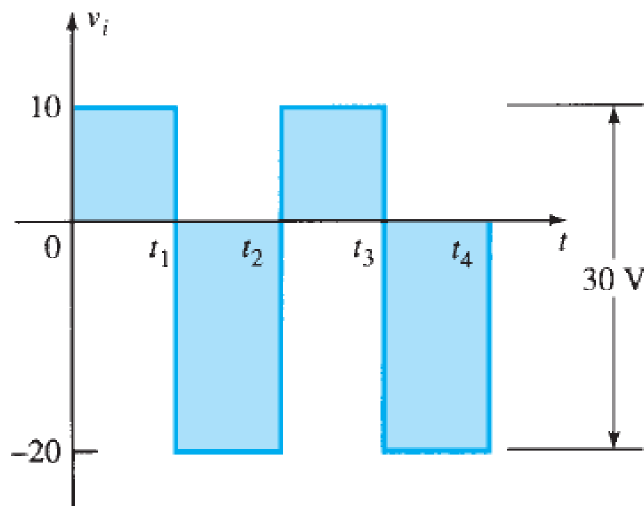
4- Uma vez determinada a tensão no capacitor no intervalo em que o diodo é chave fechada, passamos para a análise do intervalor que o diodo opera como chave aberta.

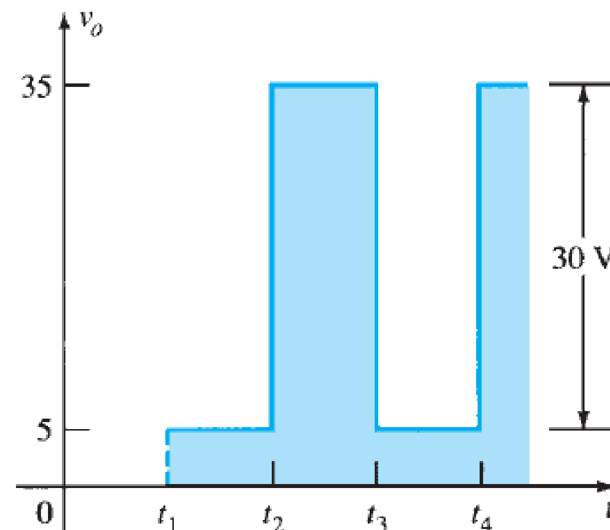
Então assumimos que, durante o estado "desligado", o capacitor mantém o nível de tensão previamente estabelecido, ou seja, a constante de tempo deve se capaz de manter o capacitor carregado pelo intervalo que o diodo não conduz.

5- Com o valor de VC mantido, usamos LKT para determinar a tensão 'vo' no intervalo do diodo aberto.

Conforme LKT➔ +vi + Vc – vo = 0

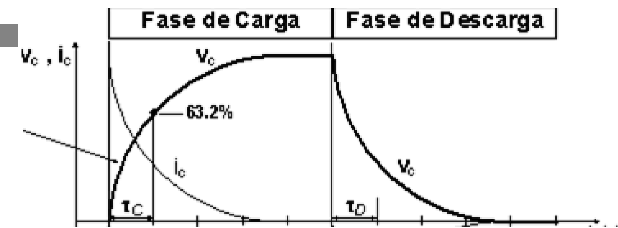
vo = +vi + Vc = 10 + 25 = 35 V



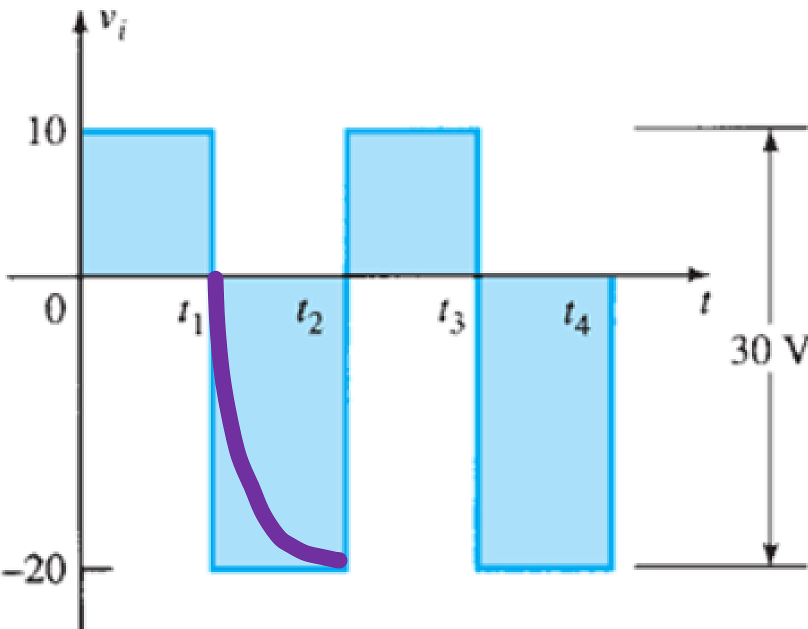


Grampeador: capacitância atende requisito descarga ??

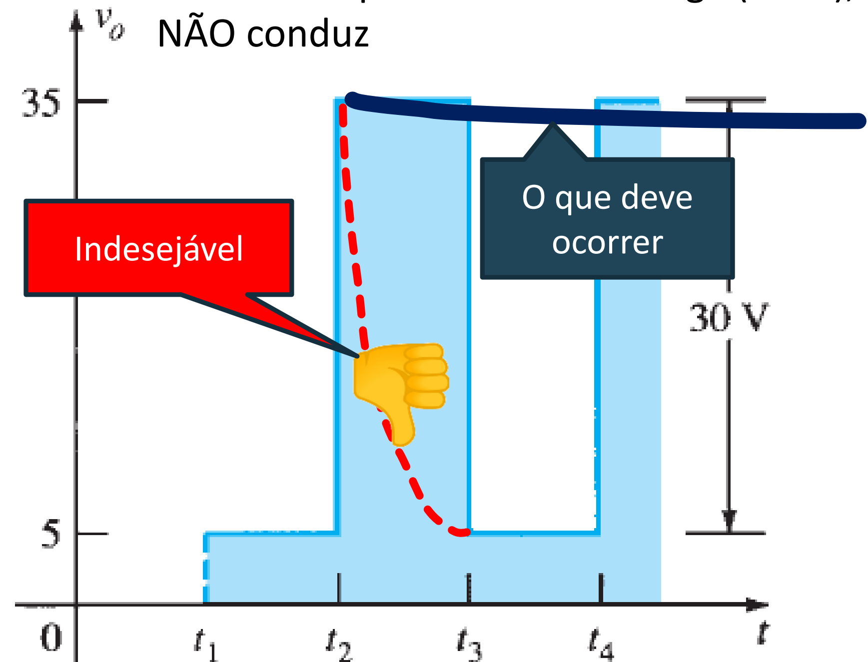
Caso o capacitor apresente baixa capacitância, irá se descarregar rapidamente ocasionando uma deformação no sinal de saída.



Intervalo capacitor se carrega(t1-t2), diodo conduz

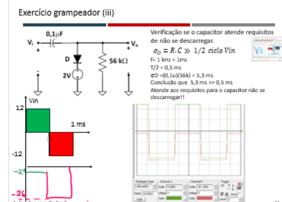


Intervalo capacitor se descarrega (t2-t3), diodo NÃO conduz



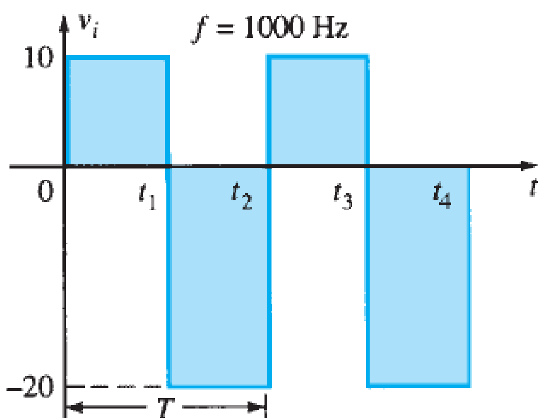
Requisito para operação adequada ➔ $\sigma_D = R.C \gg 1/2 \ ciclo \ Vin$

σD -constante de descarga do circuito deve ser muito maior que o semiciclo da frequência de Vin. Intervalo que o capacitor de descarrega = ½ ciclo de Vin deve ser menor

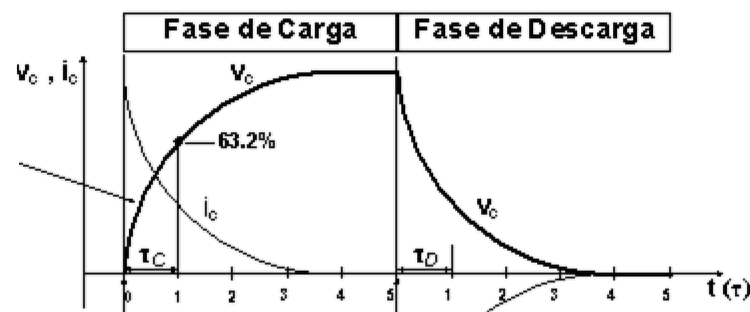


Malvino online sugere $\tau 100 = RC$

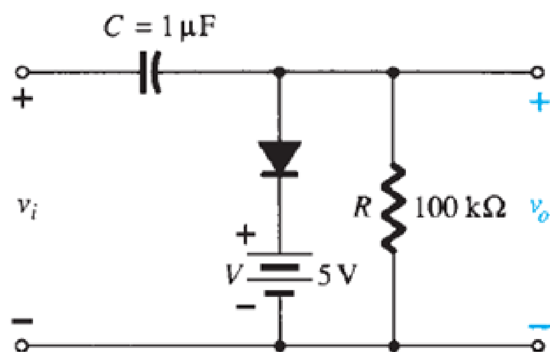
Grampeador: verificação da capacitância atende requisito descarga



Caso o capacitor apresente baixa capacitância, irá se descarregar segundo $\sigma_D = R.C$ Ocasionando uma deformação no sinal desejado.



Malvino online sugere $\tau 100 = RC$



$\sigma_D = R.C \gg 1/2 \ ciclo \, Vin$

a) Verificação da constante de tempo do circuito cumpre a necessidade de não se descarregar:

$$\sigma_{D_circuito} = R.C = 1u100k = 100 \, ms$$

O capacitor se descarrega em meio ciclo, ou seja:

$$f = 1 \, kHz \therefore T = 1 \, ms \qquad T_{1/2} = 0{,}5 \, ms = 500 \, \mu s$$

A $\sigma_{D_circuito}$ o circuito deve ser >> 500 µs

$$\sigma_{D_circuito} = 0{,}1 \, s \gg 0{,}0005 \, s$$



Resumo das configurações grampeador

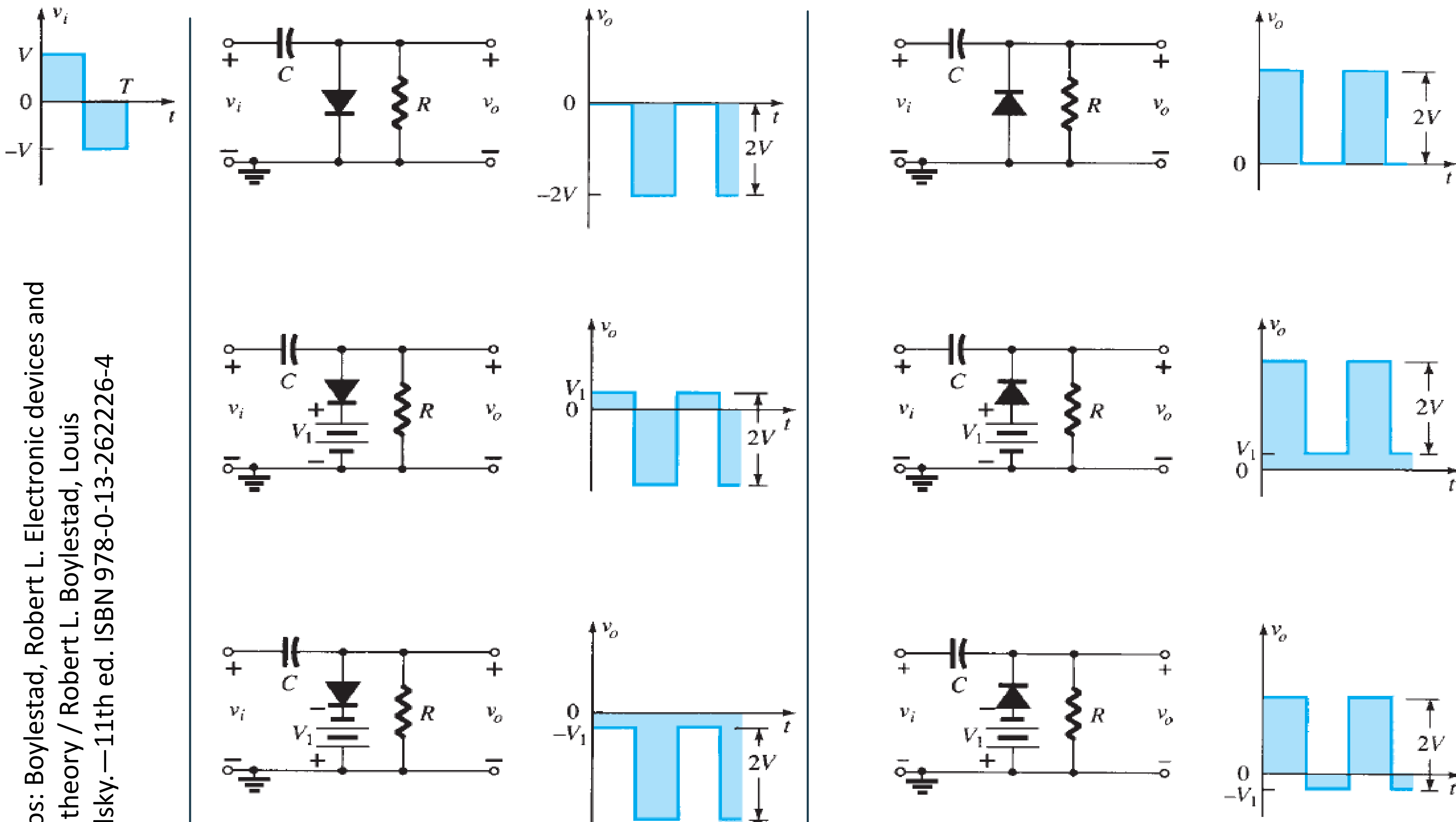


FIG. 2.100

Clamping circuits with ideal diodes ($5\tau = 5RC \gg T/2$).

Créditos: Boylestad, Robert L. Electronic devices and circuit theory / Robert L. Boylestad, Louis Nashelsky.—11th ed. ISBN 978-0-13-262226-4

Multiplicadores

Uma etapa importante das fontes de alimentação, inversores, geradores de tensões muito altas (MAT), eletrificadores e outros equipamentos é a que faz a retificação e eventualmente a multiplicação da tensão, para que ela atinja valores mais elevados do que os disponíveis na aplicação.

Pode-se multiplicar tensões alternadas, obtendo tensões contínuas de valores muito mais altos usando apenas componentes passivos como diodos e capacitores.

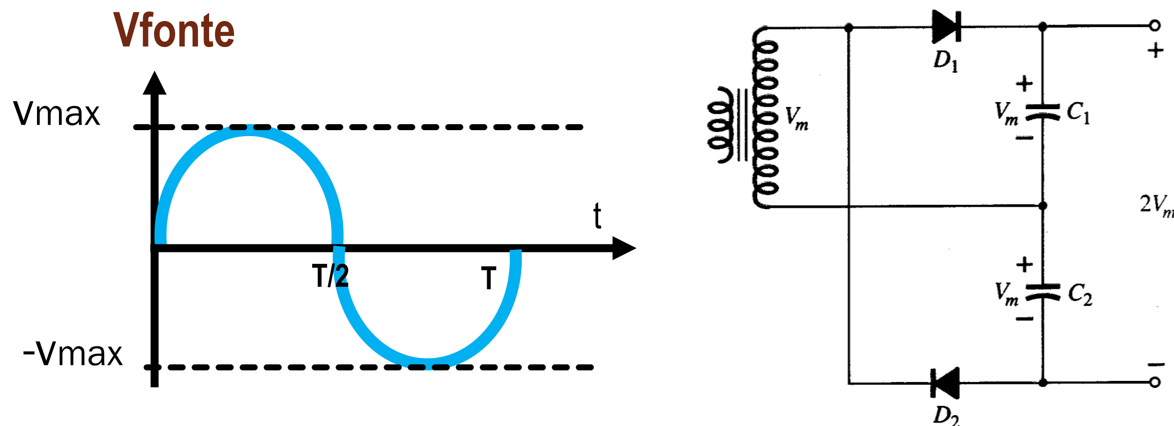
As configurações de dobradores, triplicadores ou ainda multiplicadores por um **fator inteiro positivo**, são bastante comuns em fontes de alimentação de muitos aparelhos eletrônicos.

Canal Burgoseletronica – série Curiosidades 59 – Multiplicadores de tensão I Dobradores - (11’05) https://www.youtube.com/watch?v=Vn9UYxk3Ww0
(14’06) https://www.youtube.com/watch?v=tIhG2YD-QSI

Aula 09 Detectores de Pico e Multiplicadores de Tensão – Eletrônica Analógica
https://www.youtube.com/watch?v=AmAGUXrq7wE (15’29)

Conteúdo sobre multiplicador: Malvino Online, cap 4, p. 126

Dobrador: configuração I



Vfonte

Vmax

T

T/2

D_1 Conduzindo

+ V_m t −

C_1 + V_m −

C_2 + V_m −

D_2 Não conduzindo

Vfonte

T/2 T

-Vmax

Não conduzindo D_1

− V_m +

C_1 + V_m −

t

C_2 + V_m −

D_2 Conduzindo

Dobrador: 1ª configuração

Vfonte

Vmax

-Vmax

t

T/2

T

V_m

D_1

V_{C1}

V_m C_1

$2V_m$

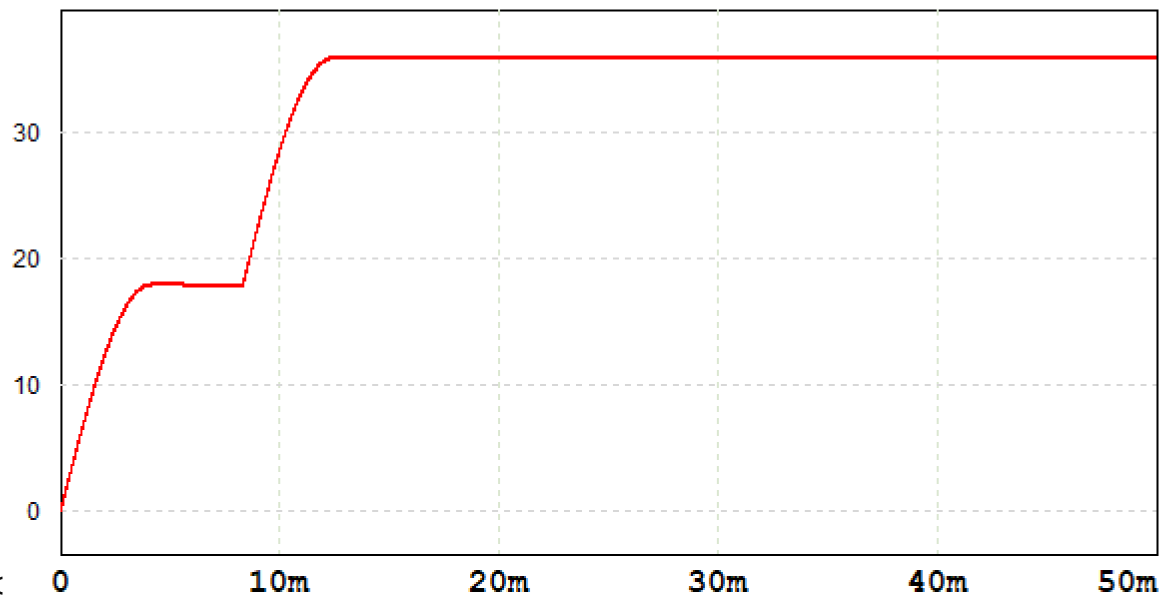
V_{C2}

V_m C_2

Vout

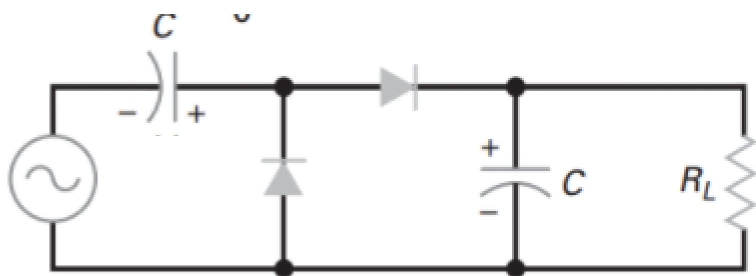
2Vmax

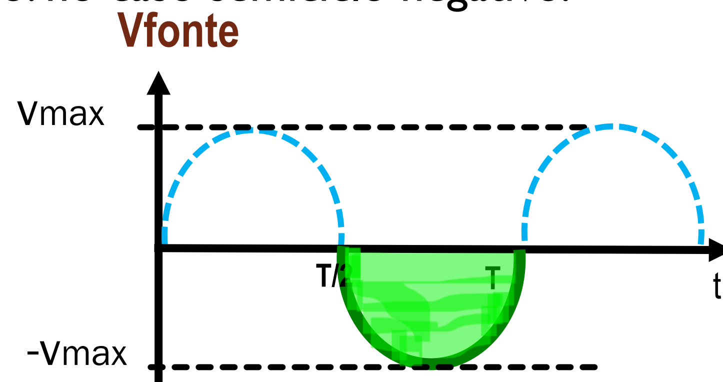
t

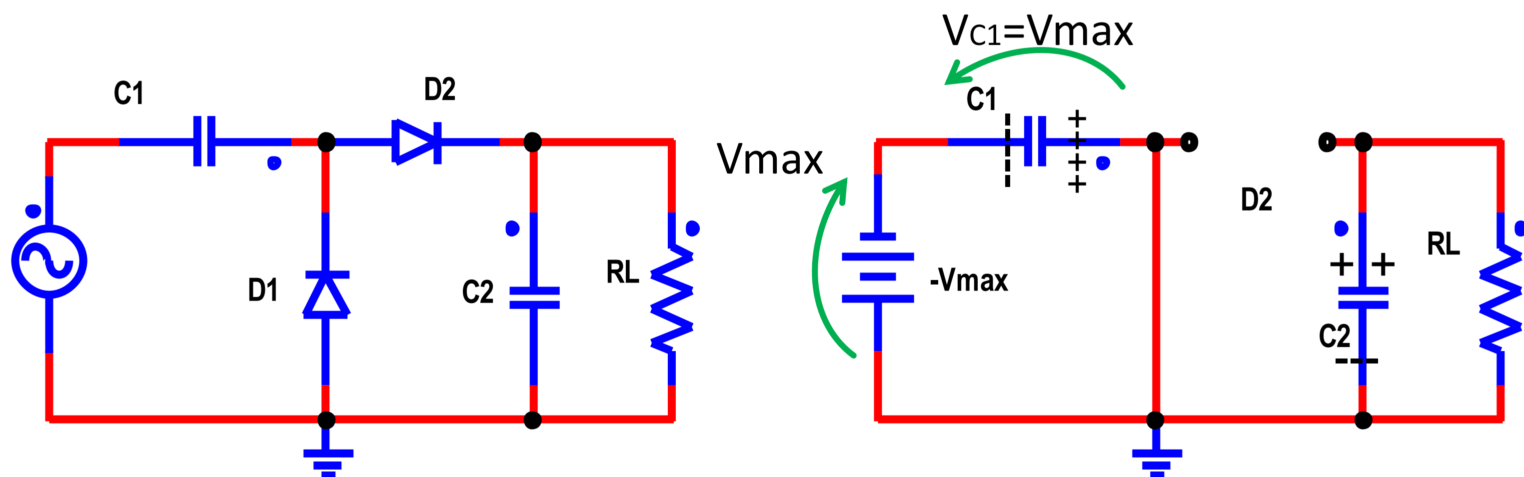


Dobrador com capacitor e diodos em nova configuração

Início pelo semiciclo que polariza diretamente o diodo: no caso semiciclo negativo.



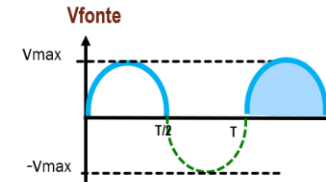




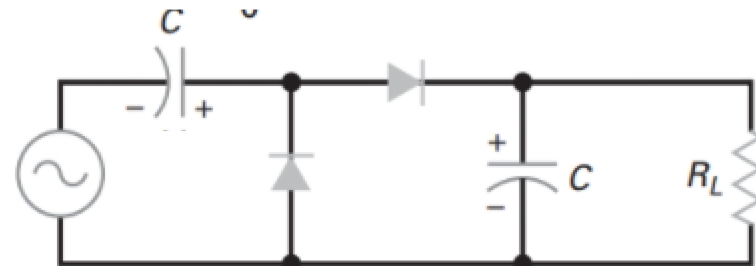
VC/2
-
reduzindo
+

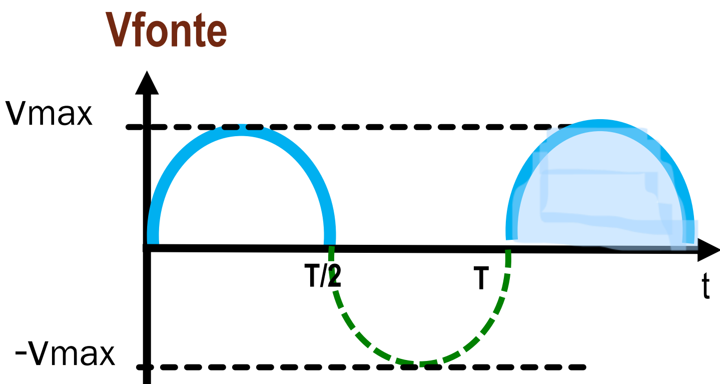
Repositório da disciplina: explicação do prof. Marlio ou
http://www.eletr.ufpr.br/marlio/te051/parte10.pdf

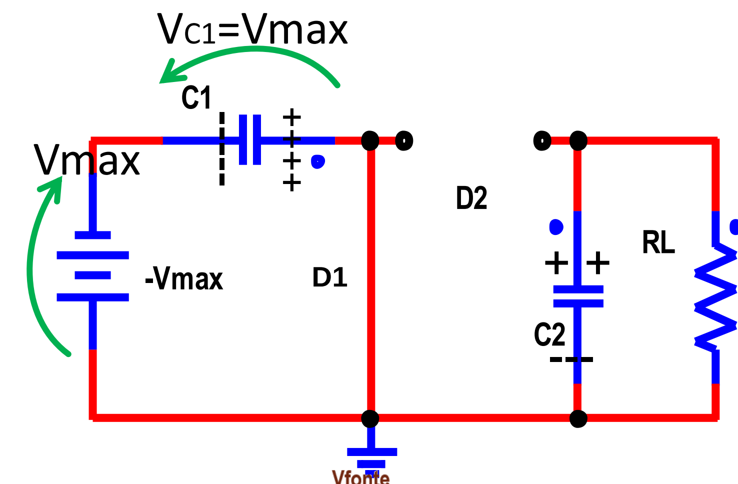
Dobrador 2ª configuração no intervalo

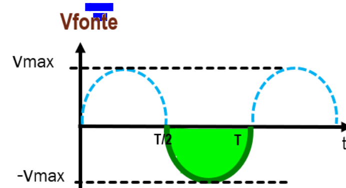


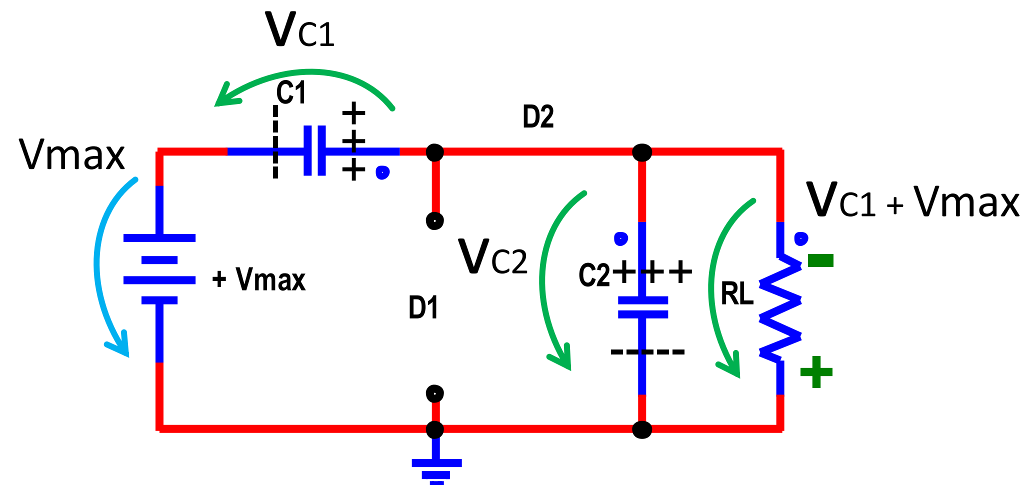
No 2º semiciclo positivo

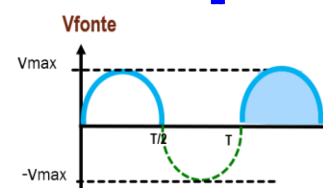




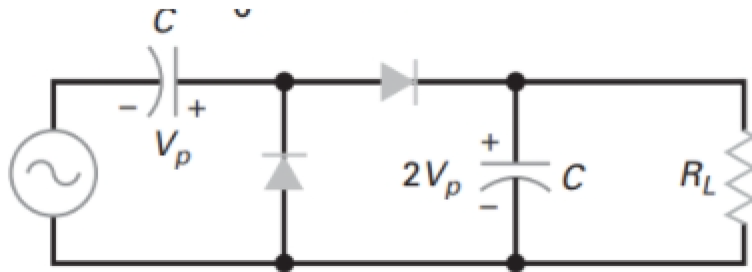


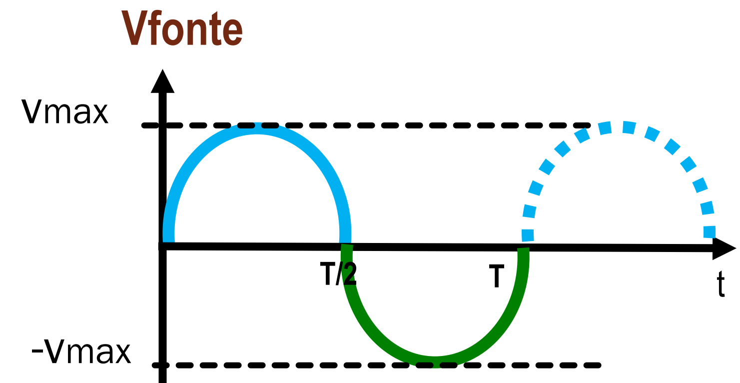


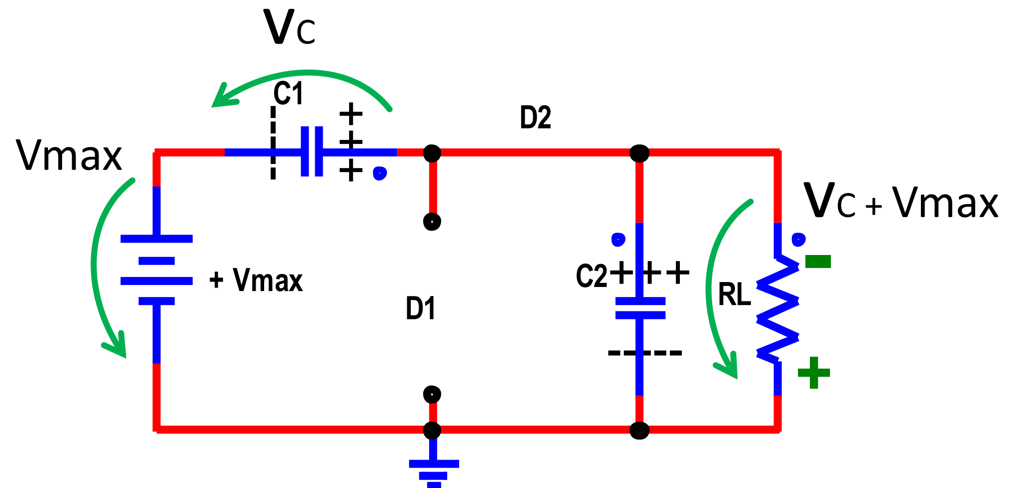




Dobrador



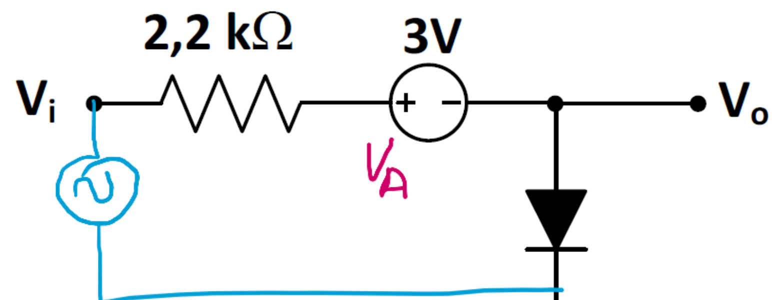




 Repositório da disciplina: explicação do prof. Marlio

Exercício ceifador (i)

Obtenha a forma de onda da saída:



a)Semi positivo

V_i

8V

3

t

-8V

Vo

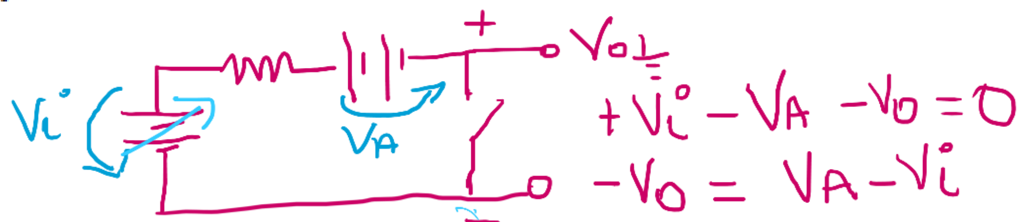
Vmax

$V_A - V_i$

T/2

-Vmax

i) Para $V_i < V_A \Rightarrow$ reverso $\Rightarrow$



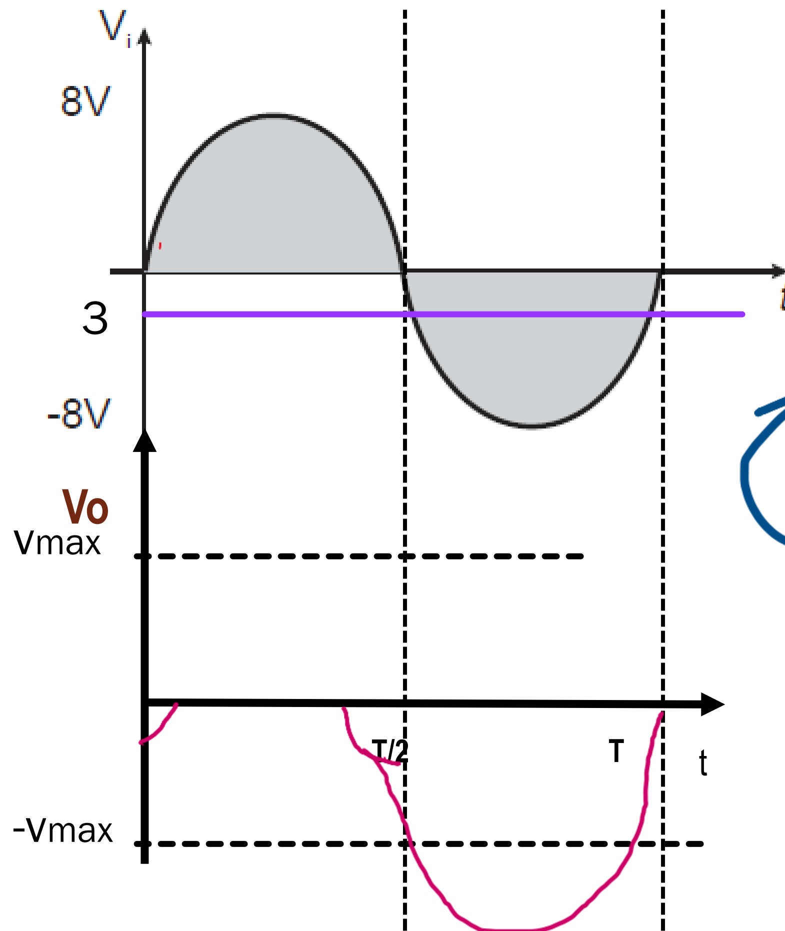
ii) Para $V_i > V_A \Rightarrow$ direto $\Rightarrow$

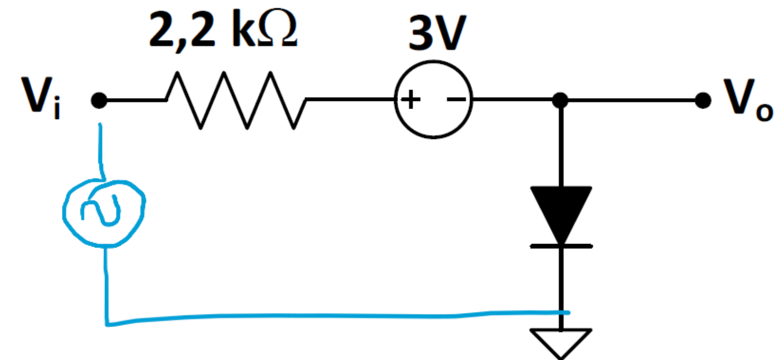


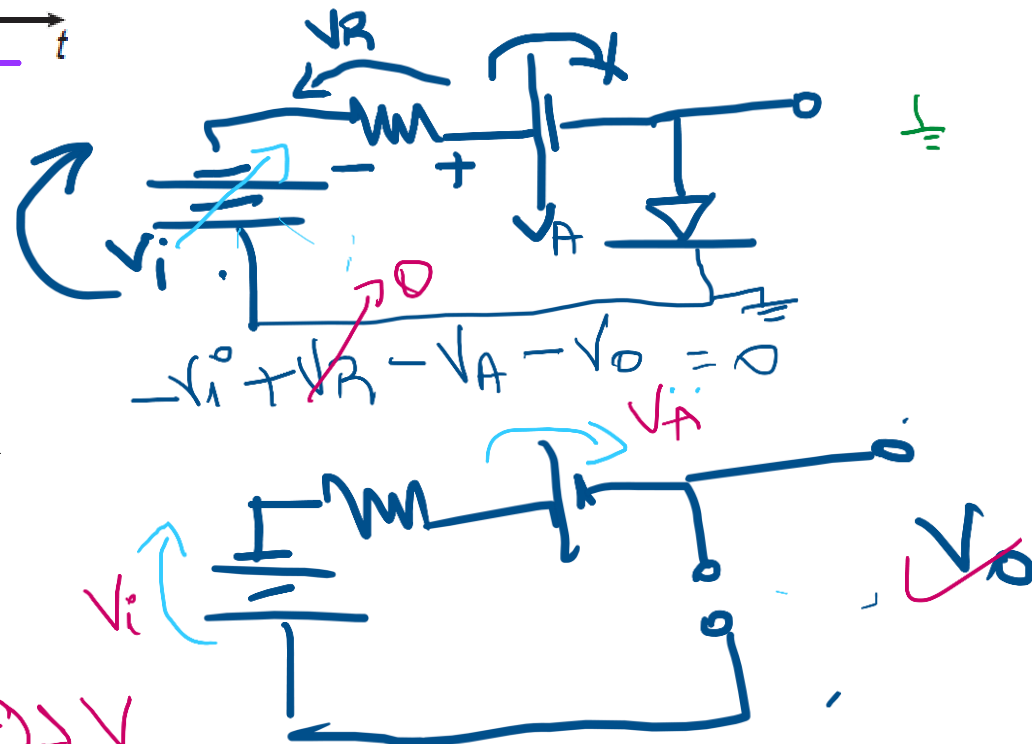
Exercício ceifador (ii)

Obtenha a forma de onda da saída:

b.)Semi negativo

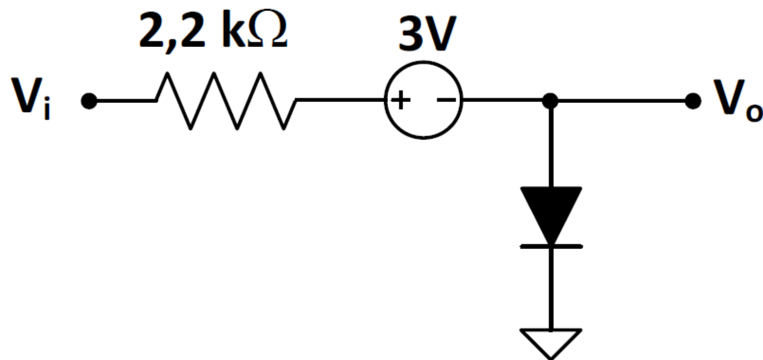


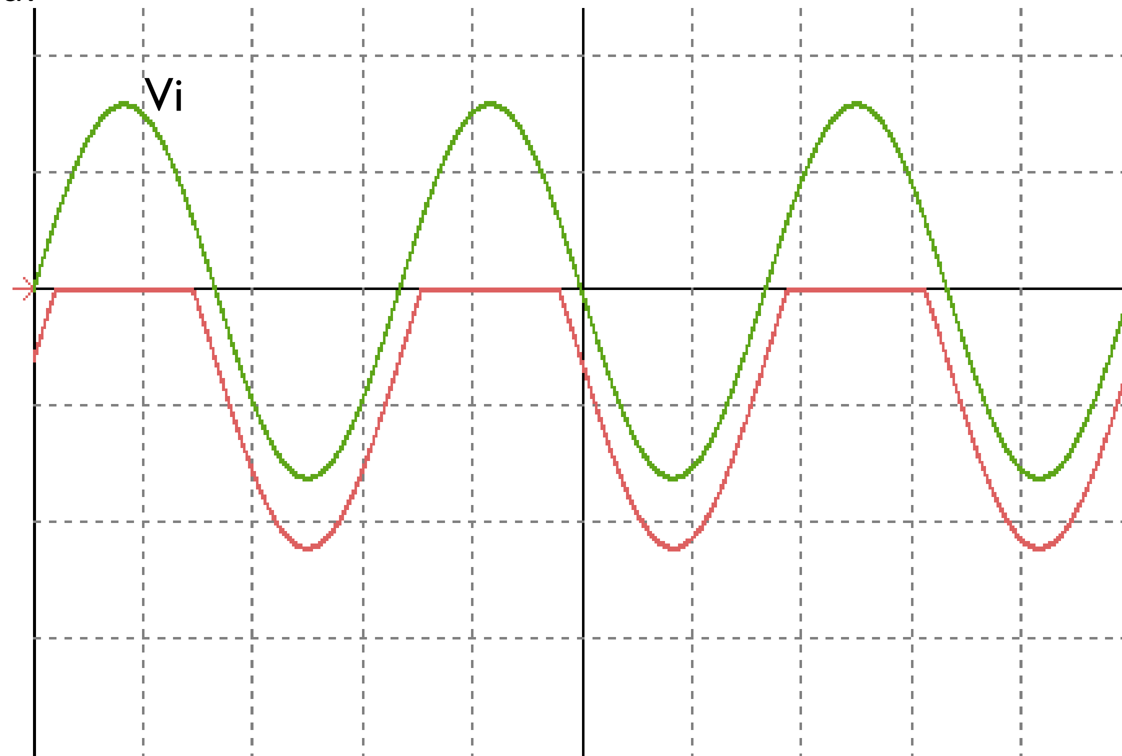


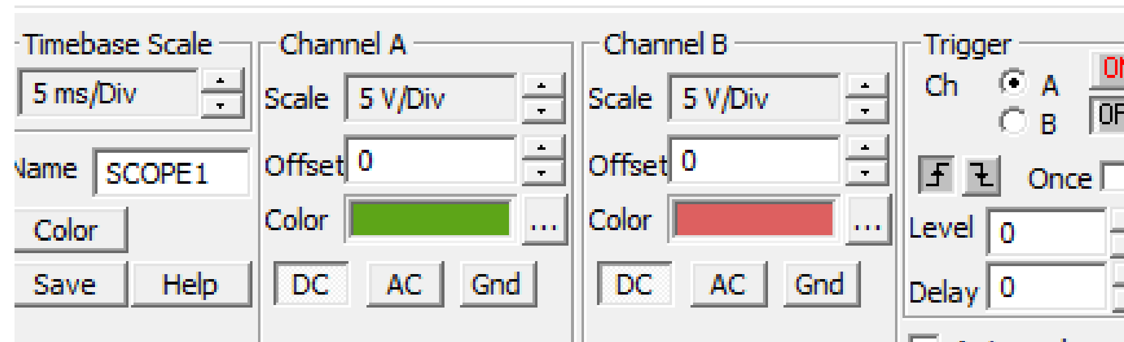


Exercício ceifador (iii)

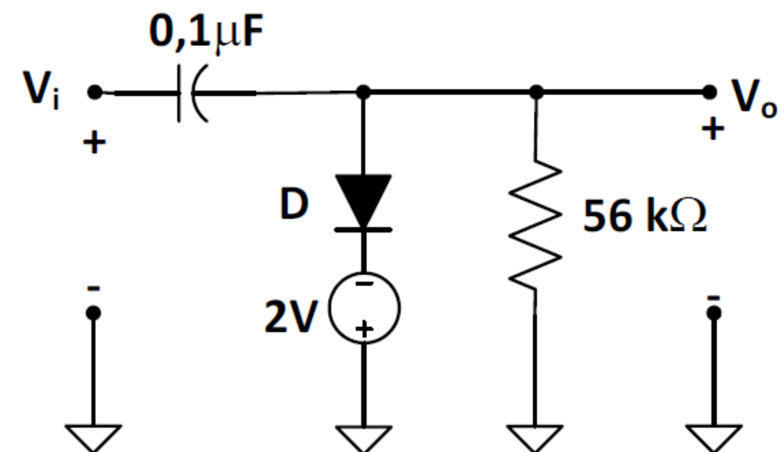
Obtenha a forma de onda da saída:





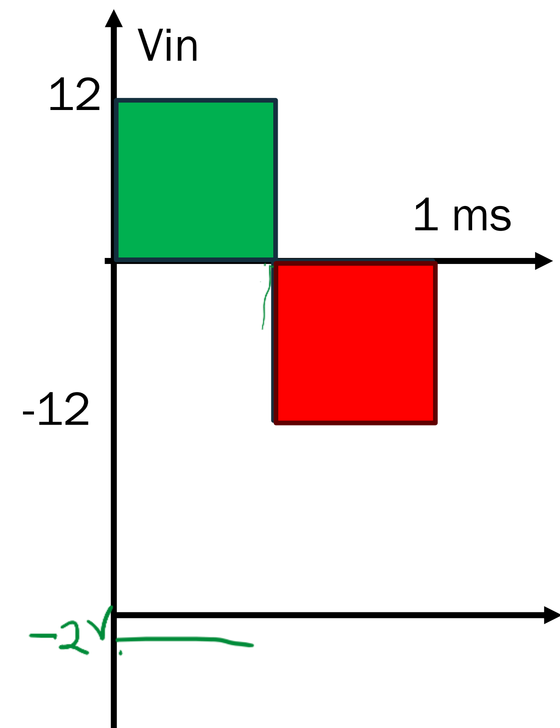


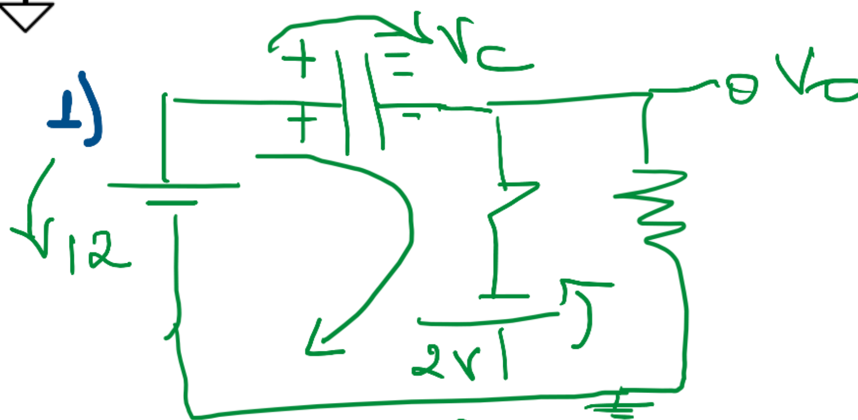
Exercício grampeador (i)



Orientação para a solução:

1) inicia pelo semiciclo que polariza o diodo diretamente
2) Necessário determinar com quanto o capacitor se carrega.
3) Depois quanto que é a Vo





2) LKT ⇒ $+12 - V_C + 2 = 0$

$V_C = 14\,V$

3) $V_o = -2\,V$

Roteiro para análise do grampeador

1-Inicie a análise de circuitos grampeadores, considerando a parte do sinal de entrada que polariza o diodo diretamente.

2-Durante o período que o diodo está no estado "ligado", assumir que o capacitor se carrega instantaneamente a um nível de tensão determinado pelo circuito.

3-Assumir que, durante o estado "desligado", o capacitor mantém o nível de tensão previamente estabelecido.

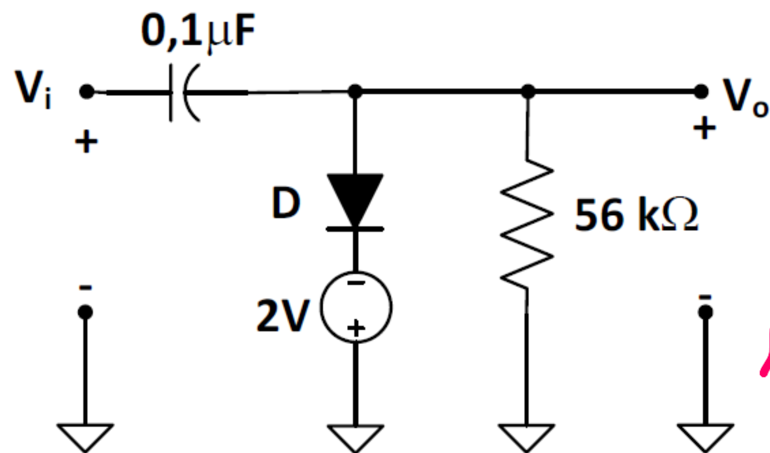
4-Durante toda a análise, focar na polaridade dos elementos envolvidos, a fim de assegurar a corretude da análise e os níveis apropriados para a tensão de saída (vo) foram obtidos.

5-Regra geral de que a excursão total da saída deve estar de acordo com a excursão do sinal de entrada.

Admite-se que o período de descarga é 5τ. Esse valor deve ser superior ao período de análise.

Aplicações com diodos 2 23

Exercício grampeador (ii)

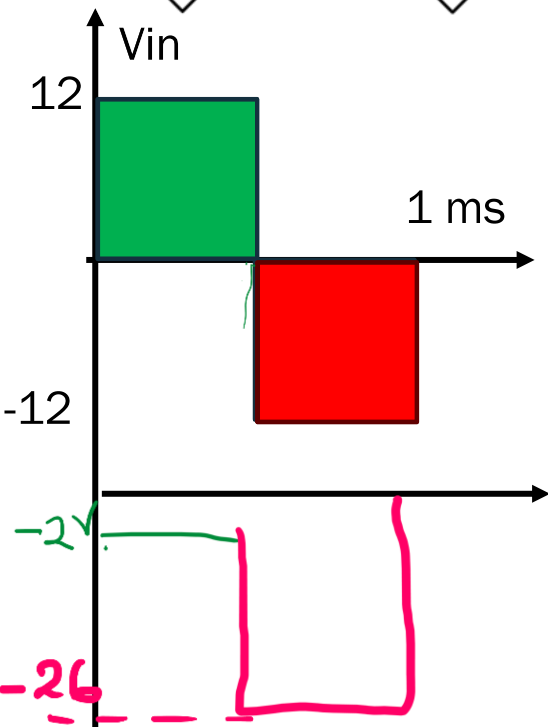


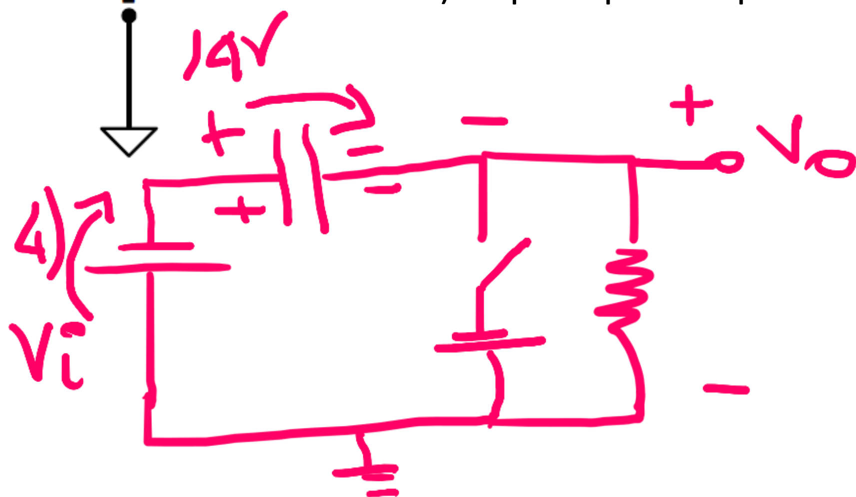
Orientação para a solução:

1) inicia pelo semiciclo que polariza o diodo diretamente

2) Necessário determinar com quanto o capacitor se carrega.

3) Depois quanto que é a Vo.

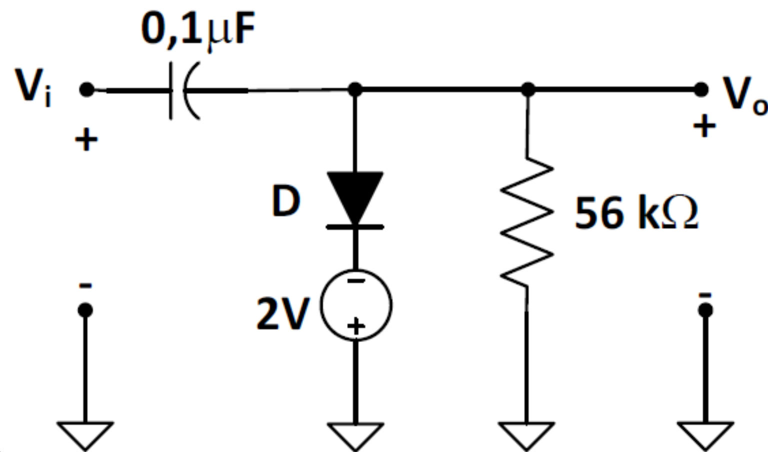




$-V_o - V_i - V_c = 0$

$-V_o = +12 + 14 = -26V$

Exercício grampeador (iii)



Verificação se o capacitor atende requisitos de não se descarregar.



$$\sigma_D = R.C \gg 1/2 \text{ ciclo } Vin$$

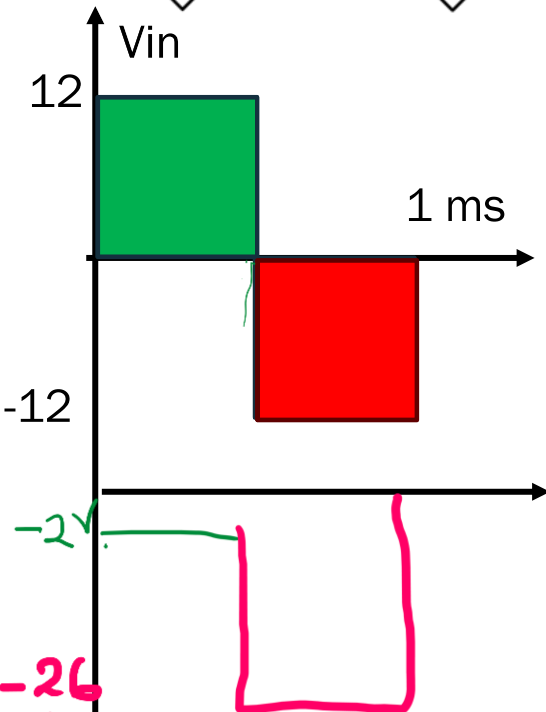
f= 1 kHz = 1ms

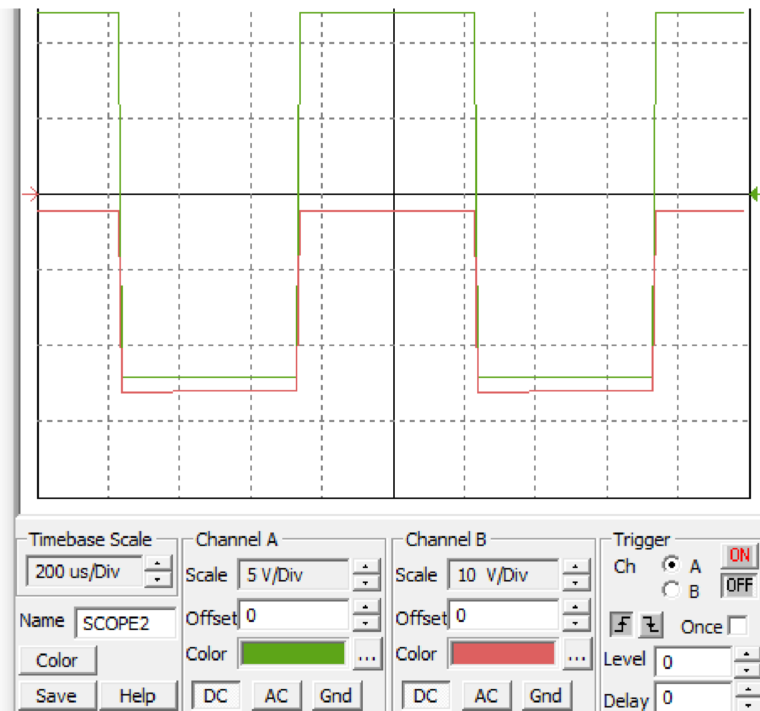
T/2 = 0,5 ms

σD =(0,1u)(56k) = 5,3 ms

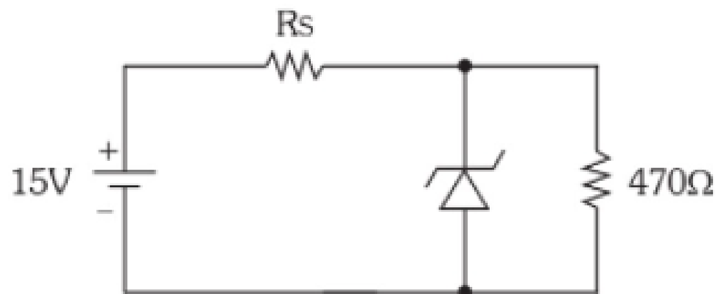
Conclusão que 5,3 ms >> 0,5 ms

Atende aos requisitos para o capacitor não se descarregar!!





Exercício sobre Zener como regulador de tensão: determine Rs (i)

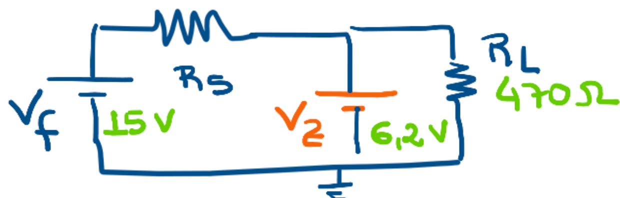


Especificações do Diodo Zener:

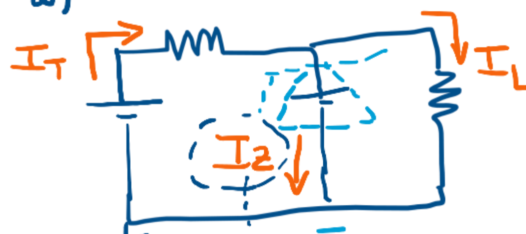
$V_Z = 6{,}2V$
$P_{ZM} = 820mW$

1) Análise do circuito

- Zener reversamente polarizado
- $V_{fonte} > V_Z$ o que possibilita que o zener opere como uma fonte de V_Z volts.
- Circuito equivalente:



2) Análise das correntes

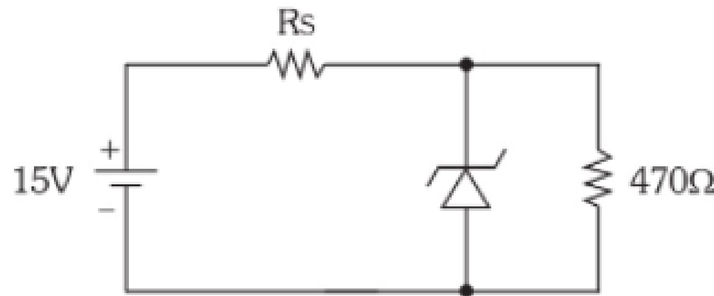




$I_T = I_Z + I_L$

Créditos: https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788536518374/cfi/103!/6/4@0.00:32.7

Exercício: determine Rs (continuação)



Especificações do Diodo Zener:

$V_Z = 6{,}2V$
$P_{ZM} = 820mW$

3) O zener p/ operar na região de ruptura REQUER UMA CORRENTE MÍNIMA.
O valor mínimo para essa corrente é adotado como sendo 10% $I_{máx}$

onde $I_{máx} = \frac{P_Z}{V_Z}$

4) Cálculo de $I_{Zmín}$

$$I_{Zmax} = \frac{0{,}820}{6{,}2} = 132{,}26mA$$

$I_{Zmín} = 10\% \cdot I_{Zmáx}$

$I_{Zmín} = (0{,}1)(132{,}26m)$

$I_{Zmin} = 13{,}23mA$

5) Cálculo de I_L

$$I_L = \frac{V_Z}{R_L} = \frac{6{,}2}{470} = 13{,}19mA$$

6) Cálculo I_T

$I_T = I_L + I_{Zmin} = 26{,}42mA$

7) Cálculo de Rs

$V_{RS} = V_f - V_Z = 15 - 6{,}2$

$V_{RS} = 8{,}8V$

$$R_S = \frac{V_{RS}}{I_T} = \frac{8{,}8}{26{,}42m}$$

$R_S = 333\,\Omega$

$P_{RS} = I_{Z\,min} \cdot V_Z = 82{,}02mW$

$R_{com} = 330\,\Omega \,/\, 1/4\,W$